



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**ESCUELA DE POSGRADO
PROGRAMA ACADÉMICO DE DOCTORADO EN
EDUCACIÓN**

Programa “Invessoft” en el análisis de investigación operativa en
estudiantes de ingeniería industrial de una universidad pública, Lima
2021

TESIS PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE:

Doctora en Educación

AUTORA:

Ochoa Sotomayor, Nancy Alejandra (ORCID: 0000-0001-6190-3404)

ASESORA:

Dra. Napaico Arteaga, Miriam Elizabeth (ORCID: 0000-0002 - 5577- 4682)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Innovaciones pedagógicas

LIMA – PERÚ

2021

Dedicatoria

Al Divino por el logro obtenido; a mi Madre, por ser la persona que más me ama; a mis hijos por ser el motor de mi vida.

Agradecimiento

A las personas que hicieron posible la realización de esta meta personal por brindarme las facilidades de realizar mi investigación; y en especial a las personas que con su soporte y aliento permitieron la culminación de la producción de investigación.

Índice de contenidos

Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	v
Índice de figuras	vi
Resumen	vii
Abstract	viii
Resumo	ix
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	7
III. METODOLOGÍA	28
3.1 Tipo y diseño de investigación	29
3.2 Variables y operacionalización	30
3.3 Población, muestra, muestreo y unidad de análisis	30
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	31
3.5 Procedimientos	33
3.6 Método de análisis de datos	34
3.7 Aspectos éticos	34
IV. RESULTADOS	35
4.1 Resultados descriptivos	36
4.2 Resultados inferenciales	42
V. DISCUSIÓN	49
VI. CONCLUSIONES	53
VII. RECOMENDACIONES	55
VIII. PROPUESTA	57
8.1 Descripción	58
8.2 Ventajas y desventajas	58
8.3 Justificación y explicación de la propuesta	58
8.4 Cronograma de actividades	59
8.5 Evaluación y control	59
REFERENCIAS	61
ANEXOS	70

Índice de tablas

Tabla 1	Distribución de la población por grado y sexo	28
Tabla 2	Distribución de la muestra por grado y sexo	28
Tabla 3	Confiabilidad	29
Tabla 4	Juicio de expertos	30
Tabla 5	Comparación de niveles de la dimensión programación lineal, grupos control y experimental, según pre test y post test	33
Tabla 6	Comparación de niveles de la dimensión cola de espera, grupos control y experimental, según pre test y post test	34
Tabla 7	Comparación de niveles de la dimensión administración de proyectos, grupos control y experimental, según pre test y post test	35
Tabla 8	Comparación de niveles de la dimensión pronósticos, grupos control y experimental, según pre test y post test	36
Tabla 9	Comparación de niveles de la variable investigación operativa, grupos control y experimental, según pre test y post test	37
Tabla 10	Prueba de normalidad	38
Tabla 11	Prueba U de Mann-Whitney – Hipótesis general	39
Tabla 12	Prueba U de Mann-Whitney – Hipótesis específica 1	40
Tabla 13	Prueba U de Mann-Whitney – Hipótesis específica 2	41
Tabla 14	Prueba U de Mann-Whitney – Hipótesis específica 3	42
Tabla 15	Prueba U de Mann-Whitney – Hipótesis específica 4	43

Índice de figuras

Figura 1	Pantalla de inicio de POM-QM	11
Figura 2	Ventana desplegable de la opción POM-QM	12
Figura 3	Ventana emergente de opciones de Excel, Solver	13
Figura 4	Programa Lingo	14
Figura 5	Pantalla principal del módulo: Programación lineal y programación lineal entera	15
Figura 6	Niveles de la dimensión programación lineal, grupos control y experimental, según pre test y post test	33
Figura 7	Niveles de la dimensión cola de espera, grupos control y experimental, según pre test y post test	34
Figura 8	Niveles de la dimensión administración de proyectos, grupos control y experimental, según pre test y post test	35
Figura 9	Niveles de la dimensión pronósticos, grupos control y experimental, según pre test y post test	36
Figura 10	Niveles de la variable investigación operativa, grupos control y experimental, según pre test y post test	37

Resumen

El estudio realizado tuvo como objetivo: determinar la influencia del programa Invessoft que consta de tres softwares POM-QM, solver y lingo, aplicados de manera secuencial para un mejor análisis de investigación operativa que genere conocimientos significativos en estudiantes de Ingeniería Industrial de una universidad pública de la ciudad de Lima; debido a que una gran cantidad de estudiantes presentan dificultades en el estudio de programación lineal, colas de espera, administración de proyectos y pronósticos, con un enfoque cuantitativo, de tipo aplicada; se enmarcó dentro del diseño preexperimental, para el que contó con una muestra de 80 estudiantes (40 en el grupo control y 40 en el experimental); la validez el contenido del instrumento se realizó a través del juicio de expertos y la confiabilidad con KR-20= 0.842. La autora implementó un proyecto educativo de doce sesiones de aprendizaje, que fue aplicado al grupo experimental y validado por expertos. Se concluye que el programa Invessoft influye significativamente en el análisis de investigación operativa en estudiantes de Ingeniería industrial de una Universidad Pública; habiéndose obtenido un valor U de Mann-Whitney=68,500 y $p=0,000$.

Palabras clave: Programa, Invessoft, investigación, operativa, programación, lineal.

Abstract

The objective of the study was: To determine the influence of the Invessoft program that consists of three softwares POM-QM, solver and lingo, applied sequentially for a better analysis of operational research that generates significant knowledge in students of Industrial Engineering of a public university in the city of Lima; Due to the fact that a large number of students present difficulties in the study of linear programming, queuing, project management and forecasting, with a quantitative approach, applied type, it was framed within the pre-experimental design, for which it had a sample of 80 students (40 in the control group and 40 in the experimental group); the content validity of the instrument was made through the judgment of experts and the reliability with KR-20 = 0. 842. The author implemented an educational project of twelve learning sessions, which was applied to the experimental group and validated by experts. It is concluded that the Invessoft program significantly influences the analysis of operations research in industrial engineering students of a public university; having obtained a Mann-Whitney U-value=68.500 and $p=0.000$.

Keywords: Invessoft, program, operations, research, linear, programming.

Resumo

O objectivo do estudo era o seguinte: Determinar a influência do programa Invessoft que consiste em três softwares POM-QM, solver e lingote, aplicados de forma sequencial para uma melhor análise da investigação operativa que gera conhecimentos significativos nos estudantes de Engenharia Industrial de uma universidade pública da cidade de Lima; Devido ao facto de um grande número de estudantes ter dificuldades no estudo da programação linear, fila de espera, gestão de projectos e previsão, com uma abordagem quantitativa, tipo aplicado, foi enquadrado dentro do desenho pré-experimental, para o qual tinha uma amostra de 80 estudantes (40 no grupo de controlo e 40 no grupo experimental); a validade do conteúdo do instrumento foi levada a cabo através de julgamento especializado e fiabilidade com KR-20 = 0.842. O autor implementou um projecto educativo de doze sessões de aprendizagem, que foi aplicado ao grupo experimental e validado por peritos. Conclui-se que o programa Invessoft tem uma influência significativa na análise da investigação operacional em estudantes de engenharia industrial de uma universidade pública; tendo obtido um valor U de Mann-Whitney=68.500 e $p=0.000$.

Palavras-chave: software, Invessoft, pesquisa, operacional, programação, linear.

I. INTRODUCCIÓN

La investigación operativa es una disciplina científica, rama de las matemáticas, que tiene un enfoque cuantitativo y consiste en construir modelos matemáticos que representan problemas reales y determinar una solución óptima (en tiempo, recursos, costos, beneficios, entre otros) en confrontación con decisiones tomadas de manera instintiva o sin el uso de instrumentos creados para ello. Estos modelos se resuelven mediante algoritmos matemáticos que sirven para contribuir en la toma de decisiones (Alzate, 2018).

La investigación operativa es empleada en diferentes áreas tales como el transporte, salud, manufactura, servicios públicos marketing, gestión empresarial, entre otros. El sistema utilizado inicia con la técnica de contemplación, recolección de datos y la formulación del problema, luego se procede a construir y validar el modelo matemático, con lo cual se busca separar el fondo del problema verdadero, para finalmente aportar respuestas y deducciones que contribuyan en la toma de decisiones para resolver el problema inicial (Bedoya, 2020).

A nivel internacional, la investigación de operaciones es personalizada por la IFORS (Federación Internacional de Sociedades de Investigación Operacional); la cual fue fundada en 1955 y está compuesta por 50 entidades distribuidas por todo el mundo. Esta organización tiene como objetivos principales el de impulsar el buen desenvolvimiento de la investigación operativa a nivel global y, el de unir a las entidades que conforman la federación.

La entidad de la IFORS ubicada en América Latina es la Asociación Latino-Ibero-Americana de Investigación Operativa (ALIO), la cual fue fundada en 1982 en Rio de Janeiro (Brasil). Esta entidad tiene como finalidad impulsar el intercambio de saberes, técnicas y metodologías entre los entes vinculados con la investigación operativa de América Latina.

En la enseñanza de la investigación operativa; la programación lineal, cola de espera, administración de proyectos y pronósticos, son fundamentales por la necesidad de poder resolver problemas de mayor dificultad, dado que se tiene que representar la realidad y existen gran cantidad de variables involucradas que hacen difícil encontrar la solución por métodos manuales lo cual toma mucho tiempo; por lo expuesto, es necesario la utilización de herramientas digitales para lograr una rápida comprensión y resolución de los problemas (Nares & Tovato, 2012). Con el

avance de las Tecnologías de Información y Conocimiento (TIC) se han superado estas limitaciones (Rodríguez et al., 2018).

Las TIC han tenido un gran impacto en los distintos medios de la vida humana y, especialmente en el contexto educativo, ha evolucionado en lo que se conoce como Tecnologías del Aprendizaje y del Conocimiento (TAC) que busca lograr el aprendizaje significativo del alumno con el aporte de tecnologías informáticas (Ureta & Rossetti, 2020). Se han creado diferentes programas para la investigación operativa que se pueden utilizar como soporte para una mejor enseñanza-aprendizaje de cursos de optimización y toma de decisiones (M. Falco et al., 2018).

El curso de investigación operativa, es obligatorio dentro de la formación del ingeniero industrial, tiene como objetivo la optimización del uso de recursos en la vida real para la toma de decisiones, mediante modelamiento matemático y haciendo uso intensivo de algoritmos. Con el avance de la informática los software se convierten en una herramienta didáctica para estudiantes y docentes potenciando el proceso de enseñanza-aprendizaje, sin embargo también es necesaria una base teórica adecuada en lo que se refiere a la investigación operativa (Sánchez & Rosete, 2020).

Actualmente, el empleo de recursos informáticos en la enseñanza-aprendizaje se hace imprescindible ya que se ha implementado el desarrollo de clases virtuales en todos los niveles educativos desde que la Organización Mundial de la Salud, declaró al COVID-19 como pandemia en marzo de 2020 (Bravo & Quezada, 2021). Ante esta emergencia sanitaria, el sistema educativo ha dado un profundo giro en el desarrollo de clases presenciales hacia la modalidad en línea lo cual ha constituido un gran desafío tanto para alumnos y profesores (Figallo et al., 2020).

En el proceso de enseñanza del curso investigación de operaciones, resulta en muchos casos muy laborioso para los estudiantes generando que no logren comprender el beneficio que tiene el curso para su formación académica siendo necesario aplicar estrategias de enseñanza-aprendizaje que sean fáciles, flexibles, orientado al usuario e interesante en la medida que los alumnos cooperen de manera proactiva en la construcción y análisis de modelos matemáticos de escenarios del mundo real, y que viene a ser un aplicativo de optimización

empresarial el cual es un potente instrumento de ayuda y análisis para la toma de decisiones (Caicedo et al., 2020).

La meta de la enseñanza, debe ser equiparar la orientación entre las necesidades propias de los temas de acuerdo al sentido de aceptación asignado por el estudiante. De acuerdo a Mastache & Davatec (2019), se puntualizan la comprensión del conocimiento a nivel interno y externo. En el nivel interno, debido al vínculo que posee con los demás conocimientos que se agrupan en la disciplina y, en el nivel externo, debido al uso que se realice con dichos conocimientos con sus respectivas limitaciones. Es decir, los estudiantes deben poder comprender a lo que estudian y hacen, y para ello, en el nivel externo es el maestro quien debe crear ambientes apropiadas para que ese sentido se prospere, por ello se recurre a la utilización de nuevas técnicas didácticas que relacione el desarrollo con el proceder que tendrán como profesionales, o el contexto de aprendizaje con el medio que ellos conocen como estudiantes.

En la Facultad de Ingeniería Industrial de una universidad pública el curso de investigación de operaciones, es una asignatura obligatoria porque permite optimizar problemas para tomar las decisiones correctas; sin embargo, en el curso se ha estado desarrollando de manera tradicional a través de la resolución de problemas mediante cálculos en forma manual. La resolución manual de los problemas de programación lineal, colas de espera, administración de proyectos, pronósticos incrementa su complejidad a medida que aumentan las variables de allí que se hace necesario los recursos informáticos (Yamira et al., 2018).

Los docentes, en su mayoría, desconocen las nuevas competencias digitales que permiten la optimización en la enseñanza, lo que provoca que los estudiantes no adquieran de manera eficaz y eficiente estas competencias imprescindibles para una formación integral de conocimientos científicos y destrezas analíticas en el perfil del futuro profesional de Ingeniería Industrial (Fernández et al., 2019).

El trabajo de investigación considera como objetivo determinar la influencia del programa de optimización Invessoft en el análisis de investigación operativa en estudiantes de ingeniería industrial de una universidad pública. El programa Invessoft comprende un conjunto de software: Solver (Fylstra et al., 1998) PQM-OM (Herrera & Zuloeta, 2018), Lingo (Men & Yin, 2018) para solucionar problemas de programación lineal con un enfoque formativo.

Ante la realidad descrita, se realizó la formulación el problema, donde el problema general fue: ¿Cuál es la influencia del programa Invessoft en el análisis de Investigación Operativa en estudiantes de Ingeniería Industrial de una universidad pública, Lima 2021?; asimismo, los problemas específicos:

- ¿Cuál es la influencia del programa Invessoft en el análisis de programación lineal en estudiantes de Ingeniería Industrial de una universidad pública, Lima 2021?;
- ¿Cuál es la influencia del programa Invessoft en el análisis de colas de espera en estudiantes de Ingeniería Industrial de una universidad pública, Lima 2021?;
- ¿Cuál es la influencia del programa Invessoft en el análisis de administración de proyectos en estudiantes de Ingeniería Industrial de una universidad pública, Lima 2021?;
- ¿Cuál es la influencia del programa Invessoft en el análisis de pronósticos en estudiantes de Ingeniería Industrial de una universidad pública, Lima 2021?.

Con respecto a la justificación de la investigación, en el aspecto teórico, se justifica porque permitió demostrar la afectividad de la aplicación de un software educativo, que se fundamentó en los planteamientos teóricos de Betancourt (2004) y Gutiérrez (2019) con respecto a la investigación operativa, así como de Aquino (2019), Carro (2014), Churchman, Ackoff y Arnoff (1973) con respecto al análisis de la investigación operativa, respondiendo a la realidad problemática.

También, se justifica en el aspecto práctico porque la aplicación del programa Invessoft, en la búsqueda que los estudiantes alcancen los nuevos conocimientos de una manera práctica y didáctica; que les permita reorientar su aprendizaje de una manera eficaz y eficiente frente a cualquier dificultad o problema operativo en la solución de los ejercicios a través de un novedoso programa para el aprendizaje de la investigación operativa (Ávila, 2019).

De la misma manera, se justifica en el aspecto metodológico, porque el estudio obedece a un enfoque cuantitativo, realizándose un análisis estadístico con los resultados obtenidos con la información que se recogió en el empleo de instrumentos confiables y debidamente validados, que permitió medir los niveles del análisis de investigación de operaciones (Bravo & Quezada, 2021).

En cuanto a la justificación epistemológica, se buscó la influencia del programa Invessoft en el análisis de investigación operativa que es esencial en el dictado de cursos de optimización. Por lo tanto es presente trabajo de investigación desde la perspectiva epistemológica está basada en el paradigma positivista porque es el único que es verificable y visible, repetible para ver la tendencia y plantear hipótesis para construir teorías conduce al estudio de ciencias, August Comte el padre del paradigma positivista, es cuantitativo, un conocimiento ordenado, demostrable y equiparable, medible y repetible (Martínez, 2013).

Por todo ello, se plantearon objetivos, y como objetivo general: Determinar la influencia del programa Invessoft en el análisis de Investigación Operativa en estudiantes de Ingeniería Industrial de una universidad pública, Lima 2021; así como los objetivos específicos:

- Determinar la influencia del programa Invessoft en el análisis de programación lineal en estudiantes de Ingeniería Industrial de una universidad pública, Lima 2021.
- Determinar la influencia del programa Invessoft en el análisis de colas de espera en estudiantes de ingeniería industrial
- Determinar la influencia del programa Invessoft en el análisis de administración de proyectos en estudiantes de ingeniería industrial
- Determinar la influencia del programa Invessoft en el análisis de pronósticos en estudiantes de ingeniería industrial.

También se formularon las hipótesis, donde la hipótesis general fue: El programa Invessoft influye en el análisis de investigación operativa en estudiantes de Ingeniería Industrial de una universidad pública, Lima 2021, y las hipótesis específicas:

- El programa Invessoft influye en el análisis de programación lineal en estudiantes de ingeniería industrial.
- El programa Invessoft influye en el análisis de colas de espera lineal en estudiantes de ingeniería industrial.
- El programa Invessoft influye en el análisis de administración de proyectos en estudiantes de ingeniería industrial
- El programa Invessoft influye en el análisis de pronósticos en estudiantes de ingeniería industrial.

II. MARCO TEÓRICO

En el desarrollo del estudio, se hallaron investigaciones nacionales relacionadas con la investigación como:

Ochoa et al.(2021), publicaron un artículo tuvo como objetivo determinar la influencia el programa de optimización, en la que se utilizó como recursos didácticos Solver, POM-QM y Lingo para la resolución de problemas en investigación operativa en estudiantes de una universidad pública de Lima, Perú. Se tomó esta decisión en la medida que los participantes presentaban dificultades en la resolución de problemas con el uso de estrategias tradicionales. La pesquisa de tipo cuantitativo, aplicado, contó con 80 participantes (40 en el grupo experimental y 40 en grupo control). En la investigación se adoptó el diseño cuasiexperimental con medida solo después. En el grupo experimental se aplicó el programa durante 12 semanas, mientras el grupo control continuó con metodología tradicional. Para medir los logros se utilizó una prueba de rendimiento que sometido a una validez de contenido por juicio de experto que evidenció 0.94 en la V de Aiken; mientras que la confiabilidad $\alpha=0,965$. Los resultados evidenciaron diferencias significativas entre ambos grupos a un nivel de confianza $p<0.05$ siendo que los alumnos del grupo experimental mostraron mejor desempeño que el grupo control, llegando a la conclusión que el empleo de las herramientas digitales facilita la resolución de problemas investigación operativa.

Martínez et al., 2020), presentaron un artículo con el fin de aplicar el modelo de enrutamiento de vehículos combinado con algoritmos de optimización para la toma de decisiones en la repartición de insumos. De enfoque cuantitativo, y diseño experimental, la muestra fue de 20 patrones para estudiar el comportamiento de los algoritmos usados al problema. Se empleó la biblioteca CVRP, que está implementada en MatLab. La metodología empleada fue la correlacional-causal. Se empleó la incertidumbre de las diferentes rutas de los los vehículos diferentes con diferencias de tiempo, combinado con algoritmos de optimización para la resolución de la distribución de los recursos. Se tiene como conclusiones que en esta pandemia ocasionada por el COVID – 19, es fundamental tener una estructura de transporte óptima para la distribución de recursos médicos necesarios.

Camacho et al. (2019) hace mención que los softwares aportado al mejor desarrollo del curso, el cual ha sido de aporte en cuanto a calidad y otros factores, buscando brindar habilidades para obtener resultados mediante el programa de

aprendizaje, realizó un examen que se le aplicó a 20 alumnos, en el cual se desarrollaron inequaciones e primero y n-orden, su análisis, síntesis e incluso interpretarlo gráficamente, mediante softwares como Winqsb, lindo y Matlab. Obtuvo como resultado que sólo 9 obtuvieron un efecto similar al del programa, 7 resolvieron equivocadamente y los otros 4 no eligieron el programa como parte de la solución. Como conclusión se tiene que el aplicativo para programas de contenido matemático tiene diferencias epistemológicas respecto a la representación gráfica y al conocimiento de los estudiantes que permite su elaboración. Asimismo, se recomienda desarrollar el programa mediante una constante comunicación y cuestionamiento del programa para evitar que los estudiantes tomen decisiones equivocadas.

Paxci (2017), realizó un trabajo de investigación que tuvo como objetivo determinar la eficiencia del uso de entorno virtuales en la enseñanza de programación lineal, en una universidad de Puno, el diseño fue cuasi experimental, se sacaron dos pruebas, una pre-prueba y otra post-prueba a dos grupos, la muestra fue tomada a 68 estudiantes, consistió en ejercicios aplicativos de programación lineal, llegó a la conclusión que promedio de notas del grupo experimental es de 14.86 y el del grupo control 11.64, demostrando así con la que la enseñanza en entorno virtual virtuales influyen significativamente en el aprendizaje de los estudiantes. .

Andia (2016) realizó el estudio para determinar el incremento de la productividad haciendo uso de la aplicación de la investigación de operaciones, de enfoque numérico, tipo aplicado y diseño cuasi experimental, una prueba de 152 reportes de producción que fueron obtenidos de forma diaria, y se aplicó un sistema atendedor de colas anterior y actual que permitió la realización de la investigación de operaciones, y concluyó: la aplicación de la investigación de operaciones mejoró significativamente la productividad en el proceso de atención el cliente del Consorcio Eulen del Perú.

Berger (2016), en su tesis, tuvo como propósito revisar modelos y métricas de confiabilidad de software seleccionando una gran variedad de modelos de Investigación Operativa, modelos matemáticos y estadísticos que se aplicarán a las distintas fases del tiempo de vida de un programa, y asegurar la calidad, gracias a la fiabilidad de su articulación. La muestra fue de 5 softwares más utilizado por los

docentes que dictan el curso de Investigación de operaciones de la Universidad Nacional mayor de San Marcos, fue una tesis cuasi experimental, transversal, se utilizó una encuesta para analizar los softwares, la muestra fue de estudio fue de 50 estudiantes, obteniendo un nivel de confiabilidad de confiabilidad Alfa de Cronbach de 0.90 para los softwares. Las exigencias de calidad para el software nacen con la gran necesidad de tener mercancías sin imperfecciones, que complazcan las precisiones del cliente, y así lograr su contentamiento.

De la misma manera, los trabajos internacionales, Caicedo et al., (2020), presentaron un artículo cuya finalidad es diseñar una táctica de enseñanza activa con un enfoque recreativo que apoye y complemente los conceptos aplicados en el curso de investigación de operaciones, gracias al modelamiento y utilización de una actividad lúdica. De enfoque numérico, de tipo aplicado y diseño pre experimental, la muestra utilizada en este estudio fue de 16 estudiantes y se aplicó un cuestionario. Se desarrolló el CEREBR-IO, para medir la programación lineal y se concluyó: La formulación de modelos matemáticos de programación lineal, es reforzada con aspectos lúdicos, también los conceptos teóricos necesarios de la investigación de operaciones, validando la procedencia y la utilidad de la lúdica en la disciplina para el desarrollo del aprendizaje de los estudiantes.

Quintas et al. (2020) presentaron un artículo cuyo objetivo fue evaluar la aplicación del curso de Investigación Operativa para el manejo de los desperdicios en México. Se ejecutaron tres modelos de estudio, que son: Simulación MonteCarlo para un tema de juegos aleatorios, otra de toma de decisiones con respecto a registros y Programación Lineal en un tema de mejoras para la problemática acerca de la basura en la Ciudad de México, se monitoreó durante 150 días y se concluyó que, a través del uso de las TIC 's se permite alcanzar dos objetivos. El primero, que mediante el uso de SOLVER de Excel, se puede evitar engorrosos cálculos que, hasta hace algunos años, se realizaban obligatoriamente.

Falco et al. (2019), presentaron un artículo cuyo propósito es determinar las opiniones realizadas por los estudiantes y docentes, con respecto a la ejecución de Tanziflex que es un sistema web de con una plataforma múltiple intuitiva que ayuda a resolver problemas de programación lineal. De enfoque cuantitativo, diseño correlacional, una muestra de 32 estudiantes y 19 maestros; y se aplicó un cuestionario tipo Likert, y aplicó un cuestionario: Las TACs son el componente de

unión de las TICs y la práctica docente, en búsqueda de una mejora en el aspecto educativo y en el entendimiento de los estudiantes decursos temas diferentes de cada curso en la universidad; existen m{últiples herramientas software con características relevantes como complemento para el proceso de enseñanza - aprendizaje de investigación operativa, la gran mayoría es necesario tener conocimiento previo de modelización.

Vallejos et al. (2017) llevaron a cabo un estudio con la intención de simular y representar visualmente el comportamiento del sistema, con cambios en el parámetro de definición del proceso en que facilite la experimentación de los estudiantes. De enfoque cuantitativo, tipo correlacional causal. Se realizaron pruebas experimentales que simulan el Modelo de Cola M/M/1; y la aplicación de una propuesta que definió Piera et al. (2013), y concluyó: El modelado y elaboración del simulador de una guía basada en teoría de colas expuesto como caso de enseñanza, brinda un instrumento novedoso para la toma de decisiones, que se logra implementar en la educación universitaria, permitiendo simular y visualizar de manera gráfica el comportamiento del sistema ante un problema real propuesto, y susceptible de utilizar con la simulación, y permite el cambio de parámetros que define la técnica de simulación.

Cavallin et al. (2017), realizó un análisis, con el fin de demostrar la influencia de los programas de enseñanza en la motivación del entendimiento de los temas de la investigación operativa en los estudiantes. Con un enfoque numérico, tipo aplicado y diseño pre experimental, una prueba de 16 estudiantes, donde el excesivo enfoque matemático que se adopta para su enseñanza disipa su importancia práctica, generando así que el estudiante no pueda utilizar la provechosa contribución que tiene dicha materia y, por otro lado, el docente no pueda mostrar la potencial dimensión de su uso; y concluye: se demostró que los métodos usados despiertan la atención por el tema y las consideran muy importantes en el aprendizaje de la investigación operativa. Con respecto a la variable Programa Invessoft, son un conjunto de Software que se pueden usar para una mejor enseñanza- aprendizaje de cursos de optimización y toma de decisiones en las carreras de Ingeniería. La aplicación de un programa en el campo educativo, es significativo, por cuanto si una cantidad de personas se reúnen con una finalidad

educativa, la meta principal, debe ser aquél que dichas personas generen ideas y materiales, y no lo hagan aquellos que los reciben del fuera (Betancourt, 2004).

Entre los modelos teóricos de la investigación operativa se debe poner más importancia en los considerandos teóricos de los modelos matemáticos o también en los temas realistas. Los modelos matemáticos son muy importantes en investigación operativa, pero no logra constituir el ejercicio principal de la investigación operativa, se requiere la verificación de la aplicabilidad de los efectos que logran derivarse de los modelos matemáticos (Anderson et al., 2011)

Según Anderson et al. (2011), investigación operativa es un procedimiento concienzudo que modela los problemas reales para la toma de decisiones en las empresas, utilizando modelos matemáticos y una serie de operaciones para modelar y solucionar problemas complicados.

Asimismo, la teoría de la ingeniería del software, donde se planteó que el incorporar bases sólidas en ingeniería, están encaminados a la obtención un software económico que tenga fiabilidad y eficiencia en máquinas y procesos reales (Bauer, 1972); así como también, es la técnica profesional y de gestión propias de la producción y sostenimiento ordenado de productos software, que se desarrollan y modifican a tiempo y dentro de los costos previstos (Fairley, 1985).

El Programa Invessoft, es un software educativo, que es utilizado en la enseñanza de la investigación de operativa en ingeniería y otras especialidades de ciencias; donde logran intervenir operaciones numéricas, que se pueden utilizar para una mejor enseñanza- aprendizaje de cursos de optimización y toma de decisiones en las carreras de Ingeniería, comprende un conjunto de software: solver, POM-QM, solver, lingo para resolver problemas de investigación operativa, por presentar dificultades en la comprensión y análisis por parte de los estudiantes (Gutiérrez et al., 2020).

Así también, el programa Invessoft, comprende los siguientes elementos: el POM-QM (*Production and Operations Management - Quantitative Methods*), que es un instrumento, el cual contiene los primordiales procedimientos numéricos para desarrollar las materias de Investigación operativa I y II, de esta forma como otros propios de las profesiones de Ingenierías (Ávila, 2015).

Según (Rito, 2015), es un software para la administración de rendimiento maniobras, para procedimientos cuantitativos, para ciencias de la administración y

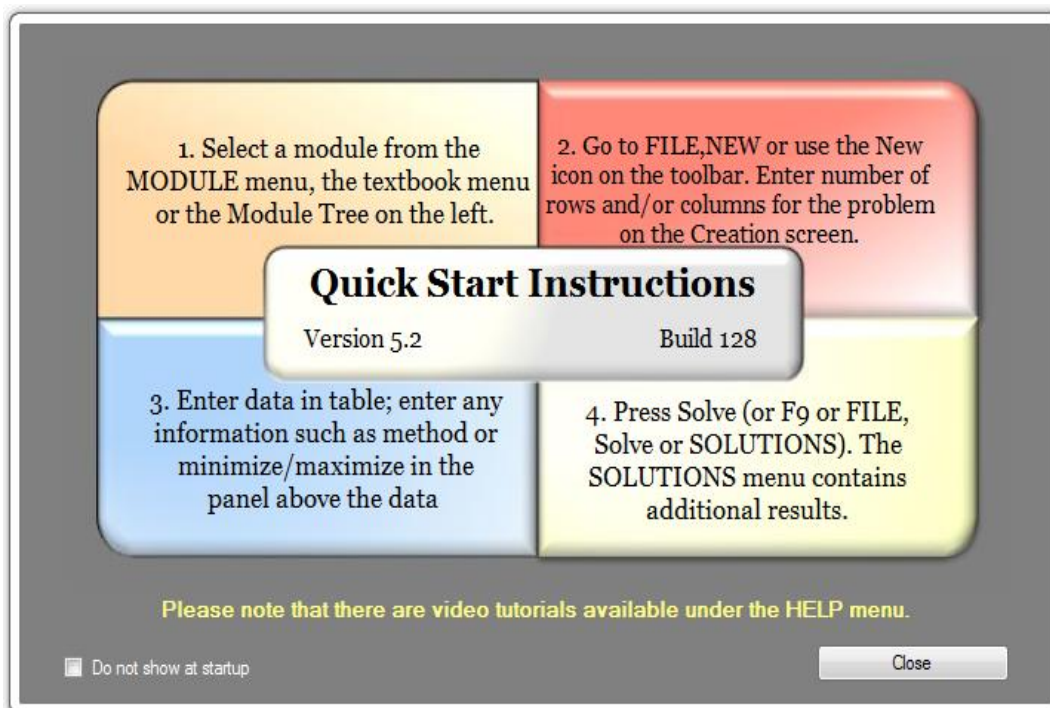
para el estudio de las operaciones. Las actualizaciones del software de Windows, POM para Windows, QM for Windows y DS para Windows fueron mezcladas, para conformar un producto flexible - POM - QM for Windows. Este software se configura para exhibir modelos de POM, modelos QM o los dos modelos de POM y QM.

Howard (2006) señaló que, el programa POM - QM, es considerado un software de muy sencillo uso, el cual fue creado para ayudar a los estudiantes, a comprender los campos de la administración e investigación de operaciones. El programa, tiene por finalidad la resolución de diversos problemas, o su utilización como método de comprobación, para los ejercicios que fueron resueltos a mano.

Así, se puede afirmar que, el POM-QM, es un software de vigorosa utilidad de ayuda para dar respuesta a una gran diversidad de conflictos de Investigación Operativa, como también permite la intervención eficaz en la elaboración y formación de modelos. (Howard, 2006).

Figura 1

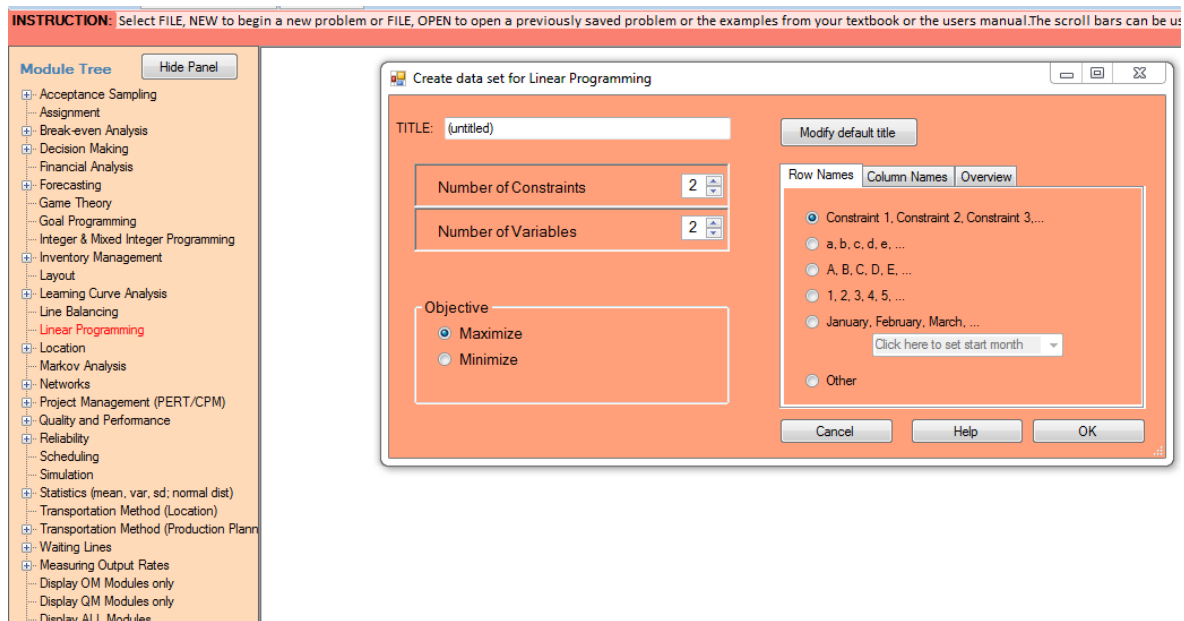
Pantalla de inicio de POM - QM versión 5.2



Nota: *Extraído de software POM-QM*

Figura 2

Ventana desplegable de la opción POM-QM



Nota. En Module se va a seleccionar el módulo en el cual se desee trabajar.

Luego de seleccionar la ruta: File/New. Para la creación de un nuevo archivo de programación. Aparecerá la ventana de “Create data set for Linear Programming”, project manamgement, waiting queues, forecasts, para darle solución a algún problema deseado.

Eppen et al. (2000), señalaron que, Solver es un paquete agregado de Excel que permite la optimización numérica de modelos sujetos a restricciones, como el de programación lineal. Este utiliza una técnica denominada algoritmo matemático de programación, los algoritmos son expresados mediante códigos en computadora, que aplicará iterativamente hasta conseguir hallar la solución óptima por consiguiente una decisión óptima.

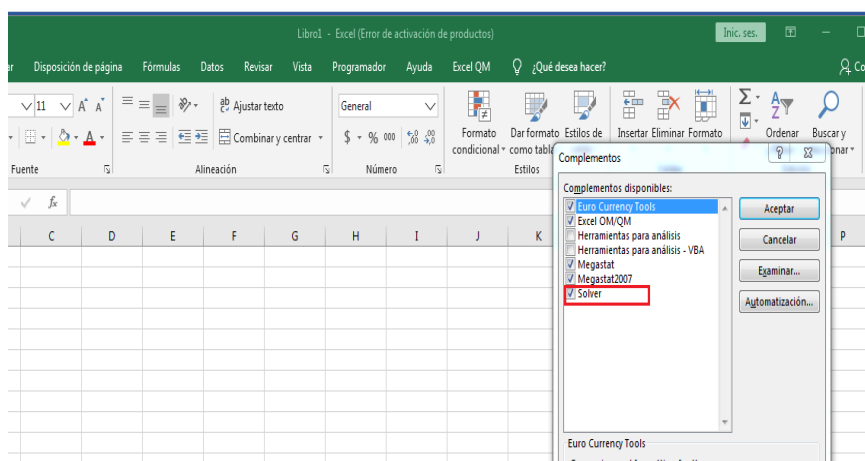
Para Ramos (2012), es un complemento que se incorporó al Excel, con el objetivo de servir de asistente al usuario relacionado con problemas de optimización; asimismo, brinda la posibilidad de la obtención de raíces aproximadas de funciones no lineales muy comunes en la ingeniería.

Vega (2021), señaló que es una herramienta para facilitar la toma de elecciones al resolver problemas de mejoramiento, partiendo de los recursos humanos, materiales, tecnológicos entre otros, que se encuentra disponibles en una institución.

Se puede afirmar que Solver es una herramienta de optimización comúnmente utilizada para solucionar problemas con programación lineal mediante el método Simplex. Este software puede ser fácilmente utilizado por los estudiantes gracias a su simplicidad y disponibilidad, ya que está incluida en Microsoft Excel el cual es conocido por todos los ingenieros industriales.

Figura 3

Ventana emergente de opciones de Excel, Solver



Nota. Microsoft Excel 2016

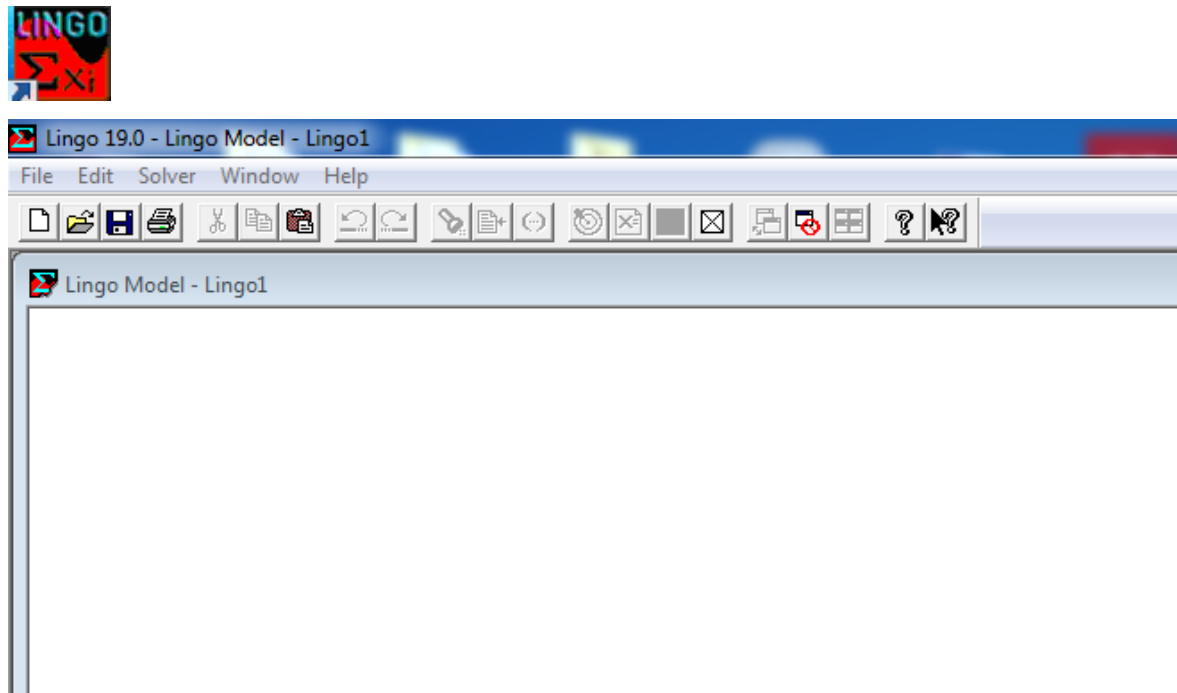
También comprende el programa Lingo (LINear Generalize Optimizer), de acuerdo Canizo & Lucero (2002), es un instrumento sencillo que se usa en la formulación de problemas lineales y no lineales, con el fin de resolverlos y examinar su solución. Se caracteriza por brindar, de manera óptima, el mejor resultado, teniendo como ejemplos: una mayor ganancia, o el mínimo valor. Se trata de una herramienta sencilla para emplear la potencialidad de la optimización lineal y no lineal al formular problemas muy amplios de manera precisa, desarrollando y evaluando su solución. La optimización es un apoyo a la búsqueda de la respuesta con la solución más efectiva, logra la mayor utilidad o el menor costo.

Para Gonzales et al. (2001), es una herramienta matemática, la cual resuelve una diversa variedad de problemas sobre optimización, estos sean lineales, no lineales o enteros, empleando un lenguaje práctico, el que sirve como un gran apoyo en la docencia y la asistencia de la misma. Asimismo, Lindo está integrado en el paquete Solver Suite (manual de usuario). Lindo es útil en lograr las soluciones problemáticas lineales. Sin embargo, Lingo, difiere de Lindo, en la facilidad de la

escritura del modelo pues el lenguaje de programación es más sencillo de emplear. Se debe contar con que Lingo detecta óptimos locales y a excepción de la programación lineal y convexa, el encontrar los óptimos globales no resulta tan sencillo.

Figura 4

Programa Lingo



Nota. Lingo

También, comprende el programa WinQSB, que según (Long-Chang, 2003), es un conglomerado de técnicas o métodos de sencilla comprensión, que permite a los estudiantes y profesionales de las carreras de ingeniería, realizar estudios y resolver problemas de tipos administrativos, o de temas relacionados a proyectos, o transporte, entre otros. WinQSB, fue especialmente desarrollado con la finalidad de resolver conflictos de gran complejidad, utilizando la técnica de mecanización de procesos.

Según (Quesada, V. y Vergara, 2015), WinQSB es un programa que abarca una gran cantidad de técnicas relacionadas a la investigación de operaciones, y con lo cual, lo convierte en un programa de mucha utilidad para la resolución de

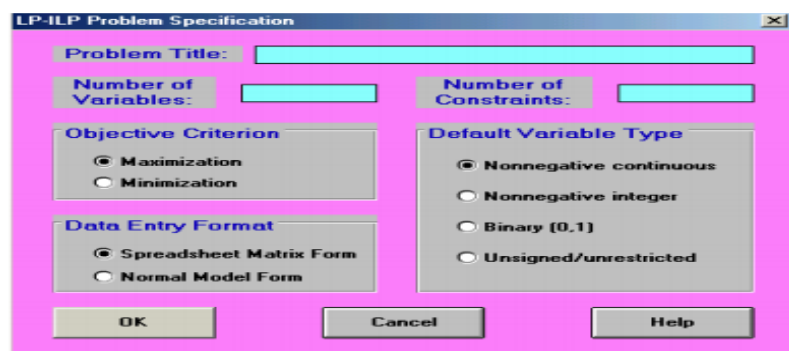
numerosos problemas del tipo administrativos y económicos. Considerado una de las aplicaciones de mayor uso entre los estudiantes de pre grado, como también por sus docentes y profesionales, que tienen relación con materias o temas semejantes a la investigación de operaciones.

Una de las formas de acceder al programa, luego de realizar su instalación, es mediante la siguiente ruta: Inicio/Programas/Seleccionar carpeta WinQSB.

Luego de escoger el módulo en el cual se desea trabajar, se verá una nueva pantalla, la cual comparte las mismas características con todos los demás módulos del WinQSB.

Figura 5

Pantalla principal del módulo: Programación lineal y programación lineal entera.



Nota . Manual de uso de WinQSB

Con respecto a la variable investigación operativa, Churchman et al. (1973) señalaron que la investigación de operaciones es el uso del método científico por grupos interdisciplinarios, a problemas vinculados con el control de estructuras o sistemas (hombre-máquina), con el objetivo de que se brindar soluciones que sean útiles a las metas de la organización. Para Carro (2014) es una ciencia aplicada desde comienzos del siglo XX y ha comprobado que las herramientas que brinda son exitosas en diversas organizaciones.

Para Taha (2012) es un arte al explicar e ilustrar el problema mediante modelos matemáticos. Así mismo la considera una ciencia ya que resuelve el modelo empleando algoritmos matemáticos específicos y convenientes.

Aquino (2012) señaló que, la investigación operativa es la parte de la matemática que profundiza en el estudio de las operaciones que ocurren en un sistema, a través de la aplicación de modelos matemáticos y algoritmos para tomar decisiones que sean confiables y conlleve a la optimización de los recursos disponibles.

En forma resumida, la investigación operativa es la utilización del método científico a través de patrones y técnicas matemáticas para encontrar soluciones óptimas, ya que se suele tener diversas posibles soluciones del problema a enfrentar, sin embargo, solo una traerá mayor beneficio a la compañía, siendo esta la solución óptima. Debido a su gran utilidad es que se aplica en diversos tipos de empresas, así como también en casi todos los campos de la ingeniería, economía, administración, sistemas de salud, servicios militares, entre otros.

La investigación operativa es un curso obligatorio, como parte de la formación en la ingeniería industrial, tiene como objetivo la optimización del uso de recursos en la vida real para la toma de decisiones, mediante modelamiento matemático y haciendo uso intensivo de algoritmos, los softwares ayudan la enseñanza aprendizaje y se convierte en una herramienta didáctica para estudiantes y docentes.

Así, las dimensiones de la investigación operativa, está comprendida por la Programación Lineal (PL), de acuerdo a Hillier, F. y Lieberman (2010), es un instrumento de la Investigación de operaciones muy utilizada actualmente y que ha permitido ahorrar cuantiosas cantidades de dinero a millones de empresas. Señalaron, que esta herramienta emplea un modelo matemático para explicar un problema, refiriéndose con el término lineal a que todas las ecuaciones matemáticas del modelo deben ser lineales y con programación se hace referencia a la planeación. Por consiguiente, definen la programación lineal como el desarrollo de actividades teniendo como objetivo alcanzar una respuesta óptima.

Para Jacobs et al. (1967), es un conjunto de técnicas matemáticas que asignan los recursos escasos a ciertas exigencias que compiten por estos, de manera óptima. De manera formal, la programación lineal implica una secuencia de optimización donde se toman valores no negativos para un grupo de variables de decisión representadas como x_1, x_2, \dots, x_n de manera que estos valores maximicen o minimicen una función de optimización satisfaciendo unas restricciones lineales expresadas mediante igualdades o desigualdades.

Winston (2005), señaló que es un modelo de optimización que tiene diferentes métodos de solución, siendo los más difundidos el método gráfico y el método Simplex. Así, Serra (2004), señaló que las diversas utilidades de la programación lineal han comprobado que es una de las herramientas cuantitativas

que más beneficios ha aportado para tomar decisiones, por ello es la más empleada en la IO debido a su simple implementación.

En base a lo anterior, se puede afirmar, que la programación lineal es un proceso matemático aplicado para solucionar problemas con el objetivo de obtener una solución óptima, partiendo de la selección de la cuantía de las variables de decisión y estos satisfaciendo las limitaciones dadas ya sea por disponibilidad de recursos, ciertas especificaciones dadas, entre otras condiciones que no permitan escoger con libertad los valores de las variables de decisión. Asimismo, destacamos los métodos de solución más empleados como el método gráfico y el simplex.

Según Guerrero (2017), las formas de representar el modelo de programación lineal, son las siguientes:

De forma algebraica, es la forma más usada y se representa así:

$$\text{Max o min } Z = C_1 X_1 + C_2 X_2 + \dots + C_n X_n$$

Sujeto a:

$$A_{11}X_1 + A_{12}X_2 + \dots + A_{1n}X_n \leq B_1$$

$$A_{21}X_1 + A_{22}X_2 + \dots + A_{2n}X_n \leq B_2$$

$$A_{31}X_1 + A_{32}X_2 + \dots + A_{3n}X_n \leq B_3$$

$$A_{m1}X_1 + A_{m2}X_2 + \dots + A_{mn}X_n \leq B_m$$

Donde:

$$X_1, X_2, \dots, X_n \geq 0$$

De forma sumatorial, donde se hace uso de sumatorias de la siguiente manera: forma canónica, es la forma más simple y se toma como base para las demostraciones.

$$\text{Máx } Z = GX$$

Sujeto a:

$$AX \leq b$$

$$X \geq 0$$

$$\text{Máx } Z = \sum_{j=1}^n C_j X_j$$

Sujeto a:

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} X_j \leq b_i \quad \forall i = 1, 2, 3, \dots, m$$

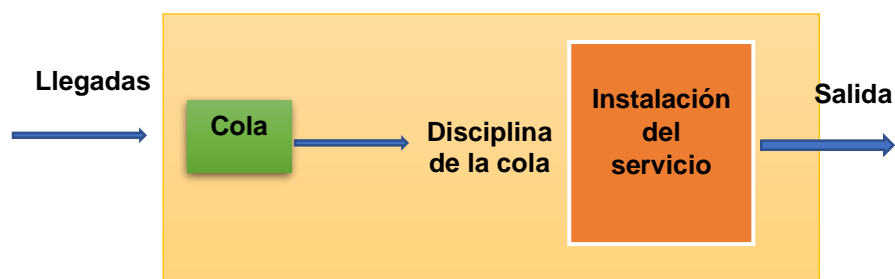
$$X_j \geq 0 \quad \forall i = 1, 2, 3, \dots, n$$

Otra dimensión es las colas de espera, que de acuerdo a Eppen et al. (2000) es una secuencia de elementos que llegan a una instalación en busca de servicio. Asimismo, para Taha (2012), las colas de espera conllevan un estudio que cuantifica la ocurrencia de esperar a través de medidas de desempeño, llamadas longitud promedio de cola, tiempo de espera promedio en la cola y el uso promedio del servicio. Los protagonistas de esta situación de colas de espera son el servicio y el cliente. Los clientes toman el servicio viniendo de una fuente, sucede a menudo que se generen colas en diferentes instalaciones como el banco, un supermercado, entre otros, por consiguiente, este estudio es importante para reducir estas colas de espera.

Para Carro (2014), sirven para poder hallar la conducta de la situación en la que se encuentran los clientes, como también poder hallar la largueza aproximada de la cola, y el tiempo aproximado de tiempo que los clientes esperan.

Figura 6

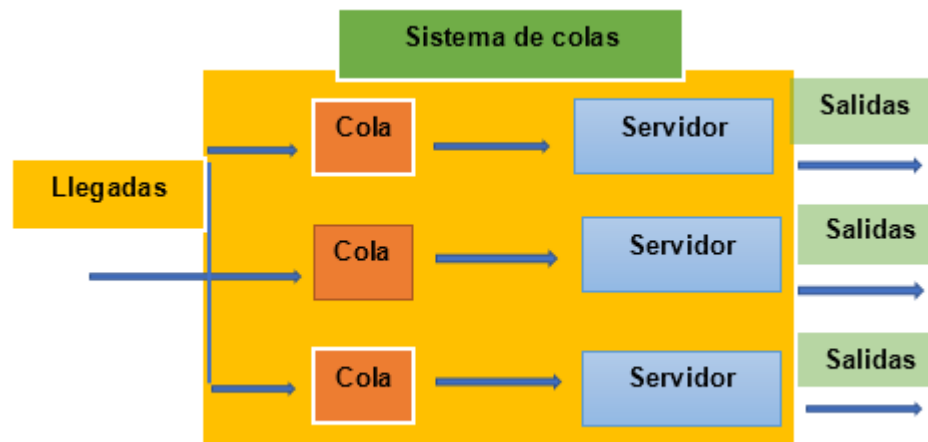
Sistema de colas de espera



Nota: Elaboración propia

Figura 7

Estructuras típicas de colas: varias líneas, múltiples



Nota: Elaboración propia

Sistemas de colas: Etiquetas para distintos modelos

Notación de Kendall: ***A/B/c***

- ***A***: Distribución de tiempos entre llegadas
- ***B***: Distribución de tiempos de servicio

M: distribución exponencial

D: distribución degenerada

E_k: distribución Erlang

c: Número de servidores

Fórmulas para calcular el desempeño del modelo de colas

Número esperado de clientes en la cola L_q

Número esperado de clientes en el sistema L_s

Tiempo esperado de espera en la cola W_q

Tiempo esperado de espera en el sistema W_s

$$W_s = W_q + \frac{1}{\mu}$$

$$L_s = \lambda W_s$$

$$L_q = \lambda W_q$$

$$L_s = L_q + \frac{\lambda}{\mu}$$

También se tiene la dimensión administración de proyectos, que Shek (2013) señaló que es la gestión orientada al avance de actividades que se encuentran organizadas de manera secuencial, con el fin de lograr un buen resultado. Así mismo, se le puede denominar como el medio necesario para conseguir los objetivos de los proyectos, bajo el mando de profesionales conocedores del tema, que simbolizan a los intermediarios, para el cumplimiento de las metas trazadas por las empresas, de las cuales son miembros.

Jacobs ét al. (2009), señalaron que es la parte de un proceso de planificación, dirección y control de recursos, pueden ser del tipo de equipo, de humanos o de material, con el fin de satisfacer las limitaciones que presenta el proyecto.

Para Carro (2014), administrar proyectos se trata de la correlación que existe entre el transcurso de una diligencia, las actividades deben programarse en el tiempo con sus fechas de iniciación y terminación, con el fin de que se logren satisfacer las limitaciones que nos exige el proyecto..

Los términos básicos más utilizados en el estudio, fueron: Actividades: se definen como procesos que tienen la finalidad de recabar un proyecto, es decir, grupos de tareas que son realizados por personas que desean realizar una actividad. (Cañal de León, 2000)

Finalmente, la dimensión pronósticos, Jacobs ét al. (2009), señaló que es difícil desarrollar un sistema de proyecciones, en el corto plazo, es necesario el levantamiento de información para estimar las necesidades de materiales, productos. Los servicios, mano de obra u otros recursos pueden enfrentarse a cambios de la demanda y los pronósticos permiten ajustar los calendarios y variar las cantidades. Los cambios estratégicos en las empresa requieren pronosticar como base para los ajustes respectivos, como el desarrollo de mercados nuevos, propuesta de nuevos productos o servicios y ampliar o construir nuevas infraestructuras.

Al respecto Jacobs et al.(2009), indicó que con los pronósticos se puede determinar el camino a seguir y decidir donde se colocarán los recursos tecnológicos, financieros, humanos, para una mejor gestión. Se consideran diversos aspectos como: tipo de demanda (dependiente, independiente) , horizonte temporal (largo, mediano, corto plazo).

Los pronósticos se clasifican en dos grupos: característicos y cuantitativos, donde se aplicarán diversas metodologías como: juicio de expertos, estudio de mercado, series de tiempo, promedio móvil, suavización exponencial, análisis de regresión, modelo estacional, entre otras; (Everett & Ebert, 1991).

Figura 8

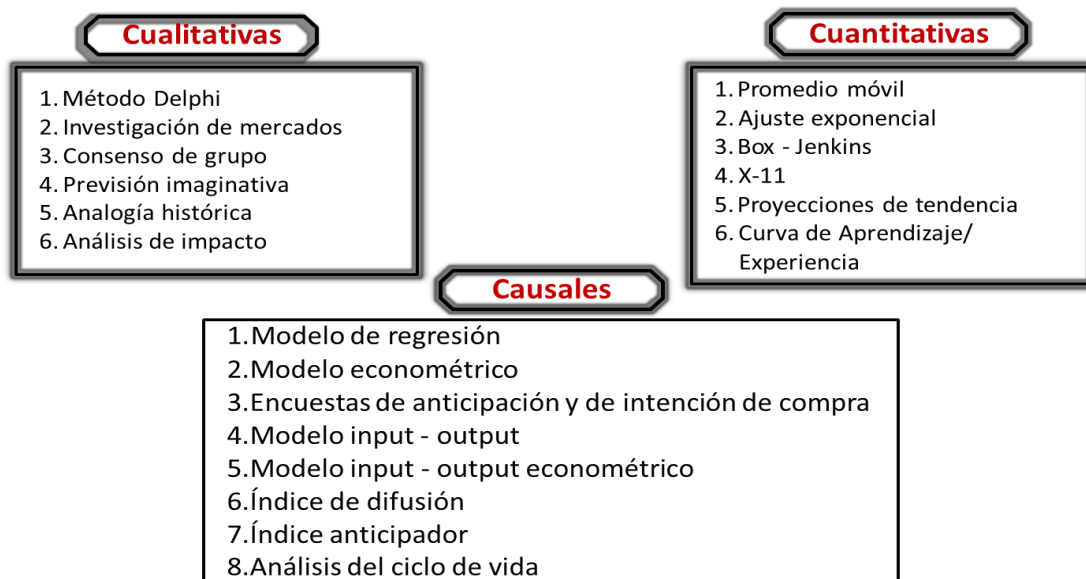
Pronósticos y el ciclo operativo



Fuente: Adaptado de Jacobs

Figura 9

Técnicas de pronóstico



Fuente: Adaptado de Jacobs

Everett y Ebert (1991), señalaron que se estiman hacia el futuro datos del pasado mediante una secuencia de actividades que se trabajan de manera sistémica en forma predeterminada para hacer una proyección del futuro.

Para Hillier, F. y Lieberman (2010), es un instrumento necesario en la toma de decisiones de la gerencia y en especial, es un elemento fundamental para el buen funcionamiento de cualquier estructura de inventarios.

- Diagrama de Gantt: Representa simultánea y gráficamente la programación de procesos, la cual monitorea que las actividades del proyecto se desarrollen de manera óptima, ordenada y detallando las diversas fases del producto, durante un período de tiempo, en forma de gráficas (barras horizontales). (Rodríguez et al., 2018).
- Distribución beta: Es un tipo de distribución probabilística aplicada en el método PERT para estimar los tiempos esperados de las diferentes actividades (Eppen et al., 2000).
- Distribución Exponencial: Es una distribución de probabilidad que presenta conexiones con la distribución de Poisson y gamma, con la diferencia de que la tasa de ocurrencia en la exponencial la actividad es por unidad de tiempo (Eppen et al., 2000).
- Distribución Poisson: Distribución de probabilidad discreta aplicada en los sistemas de colas para hallar la cantidad de llegadas que ocurren en un determinado tiempo, esto a partir de la determinación de la frecuencia de llegada u ocurrencia media expresada como λ . (Rito, 2015).
- Erlang k: Es la distribución probabilística aplicada a un caso en particular de cola con límite de capacidad y al ser este límite igual al número de servidores, en otras palabras no se genera una cola. (García et al., 2016).
- Evento: Un evento es un instante del tiempo, en el cual las actividades que se estaban realizando, concluyen, para poder dar pase a otras empiecen. Con referente al término de redes, los eventos, serían los correspondientes a decir nodos. (Taha, 2012).
- Función objetivo: Se trata de la expresión matemática la cual tiene un objetivo la cual es minimizar o maximizar dicha expresión. Se puede representar mediante la expresión dada que la función objetivo lineal es igual

a la suma de la multiplicación del precio neto o costo unitario por la actividad o proceso, hasta un elemento. (Taha, 2012).

- Incertidumbre: Es la duda sobre la veracidad de un resultado obtenido mediante una evaluación a todas las fuentes de error que haya sido posible encontrar, a las cuales se le aplicarán las correcciones correspondientes. Es una proyección que va de la mano del resultado anteriormente mencionado, el que contiene el rango de valores dentro del cual se identifica el valor verdadero. (Maroto et al., 1993).
- Modelo matemático: Es una representación de un fenómeno real mediante símbolos, cifras, algoritmos que conlleva a una mejor toma de decisiones o a entender mejor la realidad que se vive. (Winston, 2005).
- Multicanal: Se define como una serie de canales que son organizados estratégicamente para que los clientes de una organización o empresa puedan acelerar y mejorar el proceso de compra y afianzar el trato cliente-empresa. (Gené & Arnavat, 2004).
- No negatividad: El concepto de no negatividad hace referencia a las condiciones del modelo en el cual se precisan que las variables de decisión deben presentar sólo valores positivos o iguales a cero. (Gutiérrez et al., 2020).
- Optimización: Tiende a dar una mejoría al problema para mejorar el resultado que tenemos, Por tanto, la optimización de los procesos y los recursos trata de establecer acciones que mejoran aquellas tareas que intervienen en la elaboración de la solución que hemos propuesto (Lozano, 2003).
- Parámetro: La definición de parámetro es aquella función, valor, medida o indicador definido sobre valores numéricos representativos de una población considerando imprescindible y orientativo el logro evaluado y valorado, logrando de esta manera la comprensión y ubicación en perspectiva de dicha situación. (Curvelo, 2016).
- PERT / CPM: Tanto el método del Program evaluation and review, y el método Critical path method, ambas herramientas son de enfoque cuantitativo, y sirven para brindar apoyo a los gerentes, y con ellos poder planear y tener el control de grandes y complicados proyectos. Gracias a la

gran necesidad de optimizar la manera de dirigir las empresas y/o negocios. Inicialmente, ambos métodos eran muy similares, en relación hacia dónde estaban enfocados sus objetivos, aunque siempre tuvieron sus diferencias al momento de realizar estimaciones de tiempo para actividades. Por un lado, con el método PERT, se pueden realizar tres estimaciones de tiempo, con el fin de poder acercarse a la realidad, de conocer el tiempo deseado de terminación de una actividad. Con todo lo mencionado, se puede entender que el método PERT, es una técnica probabilística. Por otro lado, el método CPM, se basa en que los tiempos de actividad son conocidos, por ello a este método se le considera que es determinístico. A pesar de sus diferencias y similitudes, para términos generales, a ambos métodos se les considera con el término PERT/CPM. (Render et al., 2012).

- Planeación: Consiste en aquel sistema que comienza con la elección e ilación en cuanto a eventos, al igual como el planteamiento y el uso de hipótesis referidas al porvenir visualizado, y formulado en base a acciones prometidas e imprescindibles para llegar a los objetivos esperados. (Terry, 2010).
- Probabilísticos: Esta definición representa un tipo de modelo matemático el cual toma un conjunto de datos obtenidos estimando cada uno de los posibles resultados, a futuro, de una variable al azar, incluyendo que este puede aplicarse en muchos ámbitos y son, en especial, de gran valor, para conseguir el perfeccionamiento de la cadena de suministro. (Vermorel, 2015)
- Proyecto: Se entiende como una agrupación de actividades que tienen relación de dependencia, y que generan un consumo de recursos y de tiempo para poder realizar dichas actividades (Taha, 2012).
- Red: Se puede definir a una red, como una cadena de nodos conectados mediante ramas. La manera de representar a una red es (N, A) , donde la letra N simboliza al grupo de nodos, y la letra A, representa al grupo de ramas, vistos en la red. (Taha, 2012).
- Restricciones: Es una condición que se les da a las variables de decisión tomadas, para poder resolver algún problema. Sirven para acotar los posibles valores y poder dar solución a una interrogante (Eppen et al., 2000).

- Ruta crítica: Es un método de proceso administrativo que consiste en planear, organizar, direccionar y controlar todas las tareas que conforman un proyecto. Se emplea en la planificación de proyectos con la finalidad de calcular los tiempos y plazos, teniendo como objetivo determinar la duración de este proyecto (y a un costo óptimo), en el que cada actividad desarrollada cuenta con una duración estimada, las que determinan, de manera conjunta, la duración del proyecto entero; cabe resaltar que se puede contar con más de una ruta crítica. (Piera et al., 2013b).
- Simplex: Esta técnica, relaciona los conceptos del álgebra, con la geometría. Se desarrolló en 1947 por Dantzig y consta en la reiteración de una serie de pasos fijos, el cual empieza hallando una solución factible de origen. La solución factible de origen, va a representar a un punto, que formará parte de los vértices del polígono que se forme con las demás soluciones factibles. El método Simplex utiliza la solución factible de origen, para preguntarse si, esa misma solución, es óptima o no para resolver el problema. En caso no sea considerada una solución óptima, el método Simplex se volverá a poner en búsqueda de la solución factible, y así sucesivamente, hasta dar con la solución óptima. (Carro, 2014).
- Toma de decisiones: Al momento de tomar decisiones, se debe realizar un estudio a las alternativas, para poder escoger la mejor de ellas. Según las características de los datos, dependerá qué alternativa se escogerá para resolver los problemas presentados (Taha, 2012).
- Variables: Es un símbolo, característica o propiedad determinada del objeto de estudio dentro de un determinado grupo, esta puede variar según transcurre el tiempo por otra dentro del “Universo de la variable” pues cada pieza del universo constituye un valor de la variable (Taha, 2012).

III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo y diseño de investigación

El análisis pertenece a un enfoque cuantitativo, que según Hernández-Sampieri & Mendoza, (2018), permitió el recojo de datos de manera numérica y se analizó estadísticamente, para contrastar las hipótesis que se relacionan con las variables.

Según Klimovsky (2011), el estudio se desarrolló con el método hipotético-deductivo, que es el proceso que se inicia en la formulación de hipótesis, y con el resultado obtenido al contrastar la hipótesis, se deducen conclusiones de las hipótesis formuladas.

La presente investigación fue de tipo aplicada, porque según Carrasco (2019) posee propósitos muy concretos, funcional, de aplicación en el corto plazo, es decir, analiza para hacer, cambiar, y generar modificaciones en un área particular de la existencia, como es el enlace de causa efecto entre las variables.

La investigación fue de diseño experimental, correspondiente a la clase preexperimental, porque los individuos o grupos de estudio no se escogen al azar, aun cuando el investigador manipula el factor de exposición, asimismo cumplen con la condición para determinar el control y validez interna de los instrumentos, así como el nivel de certeza sobre el grado de paridad inicial de los individuos a investigar Hernández-Sampieri & Mendoza, (2018); con un grupo llamado experimental y el otro grupo llamado control; donde se manipuló la variable independiente para la medición de la variable dependiente, la manera en que la aplicación del programa Invessoft mejora el análisis de la investigación operativa, y sigue al siguiente esquema:

GE	-	X	O ₁
GC	-	-	O ₂

Dónde:

X: Aplicación del Programa Invessoft

GE: Grupo experimental, Investigación Operativa IV ciclo A04R1 Grupo A con 40 estudiantes

GC: Grupo de control, Investigación Operativa IV ciclo A04R1 Grupo B con 40 estudiantes

O₁ y O₂: Pos test

3.2 Variables y operacionalización

Variable independiente (X): Programa Invessoft

Definición conceptual

Software educativo que es utilizado en la enseñanza de la investigación de operativa en ingeniería y otras especialidades de ciencias; donde logran intervenir operaciones numéricas, que se pueden utilizar para una mejor enseñanza-aprendizaje de cursos de optimización y toma de decisiones en las carreras de Ingeniería, comprende un conjunto de software: solver, POM-QM, lingo, para resolver problemas de investigación operativa, por presentar dificultades en la comprensión y análisis por parte de los estudiantes y que al combinar criterios no probabilístico y probabilísticos con el uso intenso de softwares se tomaran mejores decisiones, Rosales (2021).

Definición operacional

Aplicación de sesiones de aprendizaje de manera virtual, con los software, Solver POM-QM y lingo para mejorar los niveles de análisis de la investigación operativa en ingeniería y otras especialidades de ciencias; donde logran intervenir operaciones numéricas, que se pueden utilizar para una mejor enseñanza-aprendizaje de cursos de optimización y toma de decisiones.

Variable dependiente (Y): Investigación operativa

Definición conceptual

Es la parte de la matemática que profundiza en el estudio de las operaciones que ocurren en un sistema, a través de la aplicación de modelos matemáticos y algoritmos para tomar decisiones que sean confiables y conlleve a la optimización de los recursos disponibles (Aquino, 2012).

Definición operacional

Acción de medir el nivel de análisis de la investigación operativa a través de sus dimensiones programación lineal, colas de espera, administración de proyectos y pronósticos, y mediante los niveles: inicio, proceso, logro y logro esperado.

3.3 Población, muestra, muestreo y unidad de análisis

La población según Hernández-Sampieri & Mendoza (2018), es el grupo de elementos que tienen propiedades y rasgos frecuentes, de quienes se recogerán datos para su análisis, está conformado por 80 estudiantes del curso de

investigación operativa, de la escuela de ingeniería industrial de una universidad pública, de la sección A04R1, divididos en dos grupos A y B.

Tabla 1

Distribución de la población de estudio

Grupos	Estudiantes		Total
	M	F	
A04R1 A	23	17	40
A04R1 B	18	22	40
Total	41	39	80

Nota. Nóminas de matrícula 2021

Muestra

La muestra según Hernández-Sampieri & Mendoza (2018), es un subconjunto de la población, con características similares, que representa a una porción de la investigación y de quienes se recogerán los datos para la contrastación de las hipótesis.

Muestreo

El muestreo será por conveniencias, que según Lopez & Fachelli (2015), es una método no probabilística y no aleatorio, que se utiliza para generar pruebas, según la sencillez de acceso, y la disposición de los individuos de estar dentro de la muestra, y para efecto del estudio, comprende el 100% de la población.

Unidad de análisis

De acuerdo a Arias (2006), son cada uno de los individuos que constituyen la muestra, en este caso son los estudiantes del curso de investigación operativa de la escuela de Ingeniería Industrial de una universidad pública.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnicas de recolección de datos

Ander-Egg (2011), afirma que es la técnica utilizada fue el test, que es una técnica de investigación, análisis y estudio que permitió que se aprecien los conocimientos adquiridos; y permitieron organizar los datos que fueron extraídos de la investigación, sin necesidad de explicar las causas o consecuencias, se limita a describir el comportamiento que se sigue en los objetivos.

Instrumento de recolección de datos

Según Lotito (2015), un instrumento de rendimiento que tiene como objetivo el examen del aprendizaje de competencias en las personas. En esta investigación se utilizó el test de rendimiento que mide el análisis de la investigación operativa. El examen de rendimiento está constituido de 20 preguntas que evalúa las 4 dimensiones: programación lineal (5 ítems), colas de espera (5 ítems), administración de proyectos (5 ítems), pronósticos (5 ítems); cada pregunta con cuatro alternativas de respuesta, donde sola una es la respuesta correcta, la escala fue dicotómica: correcto (1) e incorrecto (0), aplicándose a los estudiantes de manera individual. Para dar inicio al proceso de evaluación, se les informó el objetivo del estudio que es establecer la influencia del programa Invessoft en el análisis de investigación operativa, se aplicó a cada estudiante de manera unipersonal con una duración de 150 minutos.

Tabla 2

Baremo de la variable análisis de investigación operativa

Niveles	Rangos				
	Análisis de investigación operativa I	Programación lineal	Colas de espera	Administración de proyectos	Pronósticos
Inicio	00 – 06	00 - 01	00 - 01	00 - 01	00 - 01
Proceso	07 – 13	02 - 03	02 - 03	02 - 03	02 - 03
Logrado	14 - 20	03 - 05	04 - 05	04 - 05	04 - 05

La confiabilidad de los instrumentos, según Hidalgo (2006) es el grado de semejanza de las respuestas comprobadas entre el investigador y el investigado. Se realizó a través de una pre prueba aplicada a 15 estudiantes, mediante el KR20 cuyo resultado fue de 0.842, dicotómicos que corresponde a un nivel alto de certeza para la prueba de investigación operativa, y procesado en el software estadístico Excel; se utilizó esta técnica porque los reactivos del instrumento de evaluación son dicotómicos.

Tabla 3

Confiabilidad

Nº	Instrumento	KR20	Nº de ítems
1	Prueba de investigación operativa	0,842	20

De la misma manera, se realizó la validez de contenido, que según Carrasco, (2019), hace referencia de la competencia de una herramienta para calcular de manera reveladora y adecuada, la cualidad de cuya medición se diseñó. Se realizó mediante la opinión de jueces o expertos en relación al instrumento de investigación, tomándose en cuenta criterios de claridad, pertinencia y coherencia.

Tabla 4

Juicio de expertos para el instrumento análisis de investigación operativa

N°	Experto	Especialidad	Resultados
1	Cruz Yupanqui Gladys Marcionila	Investigadora- Matemática	Existe suficiencia
2	Méndez Vergaray Juan	Metodólogo	Existe suficiencia
3	Núñez Lira Luis Alberto	Metodólogo	Existe suficiencia
4	Zapillado Huanca, Oscar Adrián	Investigador -Matemático	Existe suficiencia
5	Manrique Suárez, Luis Humberto	Investigador-Sistemas	Existe suficiencia

Fuente: resultados obtenidos de los certificados de validación

En la tabla se observa que la validez de contenido, determinó la aplicabilidad de los cuestionarios por los jueces, por lo tanto, procede su aplicación.

3.5 Procedimientos

Luego del recojo de datos se procedió a elaborar la base de datos, un análisis descriptivo en SPSS versión 25, presentado en tablas y figuras estadísticas en frecuencias y porcentajes; determinación de la normalidad, procesamiento de la prueba de hipótesis, o análisis inferencial en SPSS v25, en tablas estadísticas que se realizó de acuerdo a los resultados de la evaluación de normalidad. A los estudiantes se les informó el objetivo de la prueba de conocimientos mediante una explicación sencilla y concisa sobre la metodología a seguir, protegiéndose la identidad de los participantes; previamente se solicitó permiso al Director de Escuela de Ingeniería Industrial de una universidad pública sobre la realización del trabajo de investigación. Según Ñaupas et al.(2018), consentimiento informado es una invitación a los individuos a participar en una investigación, y autorizan que la data recolectada en el estudio puede ser usada en la investigación.

La secuencia metodológica sustenta el haber alcanzado los objetivos esperados de la investigación, para lo cual se siguieron las siguió el siguiente procedimiento: establecer la población de estudiantes para aceptar el Programa

Invessoft, repartición igualitaria de responsabilidades entre todos los integrantes de la Facultad de Ingeniería Industrial de una universidad pública para consensuar sobre el lugar y fechas para el desarrollo del programa Invessoft, estrecha comunicación con los estudiantes, seguimiento, control y retroalimentación en el desarrollo del proyecto.

3.6 Método de análisis de datos

Luego de los procesos de aplicación de instrumentos y recojo de datos, se procede a organizar la información a través del Excel y el SPSS 25, se realizó la presentación de los resultados de la siguiente manera: análisis descriptivo. Se muestran los resultados en tablas y figuras estadísticas de barras de frecuencias y porcentajes acerca de los niveles de las variables y sus dimensiones, así como la interpretación de las mismas (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2018).

Así también para el análisis inferencial se hizo primeramente la prueba de normalidad a través Kolmogorov Smirnov, al 95% de confianza, porque cuento con 80 datos, los resultados obtenidos con un $p \leq 0,05$ de la prueba evidenciaron que no tienen una distribución normal, por lo que se optó por utilizar la prueba no paramétrica U de Mann-Whitney.

3.7 Aspectos éticos

El estudio está enmarcado en las normas APA en su séptima edición, donde se consignaron los autores nacionales e internacionales citados de acuerdo al tipo de referencia. Se gestionó permiso a los directivos de la universidad para poder realizar el estudio. Se respetó el anonimato de los integrantes de la muestra. Se respetó la idoneidad y autenticidad de los logros alcanzados en el uso de los instrumentos para la prueba de hipótesis.

IV. RESULTADOS

4.1 Resultados descriptivos

Después de recoger la data se procedió al tratamiento de la información, en la que hay certeza de un mejor rendimiento en ellos estudiantes del grupo experimental en contraste con los del grupo control, en el análisis de investigación operativa, programación lineal, colas de espera, administración de proyectos y pronósticos como se visualiza en la tabla.

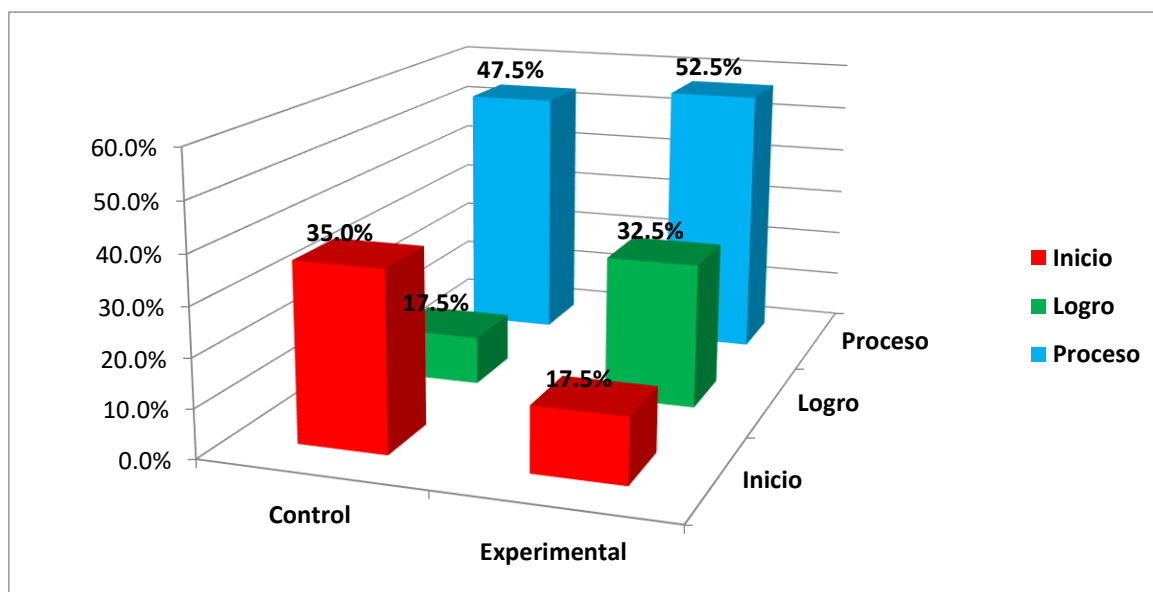
Tabla 5

Comparación de niveles del análisis de Investigación Operativa de los grupos control y experimental

			GRUPO		Total
			Experimental	Control	
Análisis de Investigación Operativa	Inicio	Recuento	7	14	21
		% dentro de GRUPO	17,5%	35,0%	26,2%
	Proceso	Recuento	21	19	40
		% dentro de GRUPO	52,5%	47,5%	50,0%
	Logro	Recuento	12	7	19
		% dentro de GRUPO	32,5%	17,5%	23,8%
Total	Recuento	40	40	80	
	% dentro de GRUPO	100,0%	100,0%	100,0%	

Al analizar la tabla, de los 80 estudiantes en la investigación: 26.2% (21) alcanzarán el nivel inicio 50% (40) el nivel proceso, y 23.8% (19) se ubicaron en la categoría logro. Igualmente de los 40 estudiantes del grupo experimental: el 17.5% (7) se ubicó en la categoría inicio, 52.5% (21) se ubico en la categoría en proceso y 32.5% (12) en la categoría logro en la variable analisis de investigación operativa. Asimismo de los 40 estudiantes del grupo control: 35.0% (14) se ubicó en la categoría de inicio, 47.5% (19) se ubicó en la categoría proceso y 17.5% (7) en el nivel logro.

Figura 10
Niveles del análisis de investigación operativa



En la figura 10 se advierte que el 35.0% del grupo control y el 17.5% del grupo experimental se están en la categoría inicio; 47.5% del grupo control y 52.5% del grupo experimental se ubican en la categoría de proceso. Por último, el 17.5% del grupo control y el 32.5% del grupo experimental se ubican en la categoría logrado.

Tabla 6
Comparación de niveles de la dimensión programación lineal de los grupos control y experimental

			GRUPO		Total
			Experimental	Control	
Programación lineal	Inicio	Recuento	3	15	18
		% dentro de GRUPO	7,7%	37,7%	22.4%
	Proceso	Recuento	29	20	49
		% dentro de GRUPO	72,3%	49,0%	61.3%
	Logro	Recuento	8	5	13
		% dentro de GRUPO	20,0%	13,3%	13.3%
Total	Recuento		40	40	80
	% dentro de GRUPO		100,0%	100,0%	100,0%

De los 80 estudiantes en la dimensión programación lineal: 22.4% (18) alcanzaron el nivel inicio, 61.3% (49) el nivel proceso, y 13.3% (13) se ubicaron en la categoría logrado. Igualmente de los 40 estudiantes del grupo experimental: el 7.7% (3) se ubicó en el nivel en inicio, 72.5% (29) se ubico en el nivel proceso y 20.0% (8) en el nivel logro. Asimismo de los 40 estudiantes del grupo control: 37.7% (15) se ubicó en el nivel de inicio, 49.0% (20) se ubicó en el nivel proceso y 13.3% (5) en el nivel logrado.

Figura 11

Niveles del análisis de programación lineal

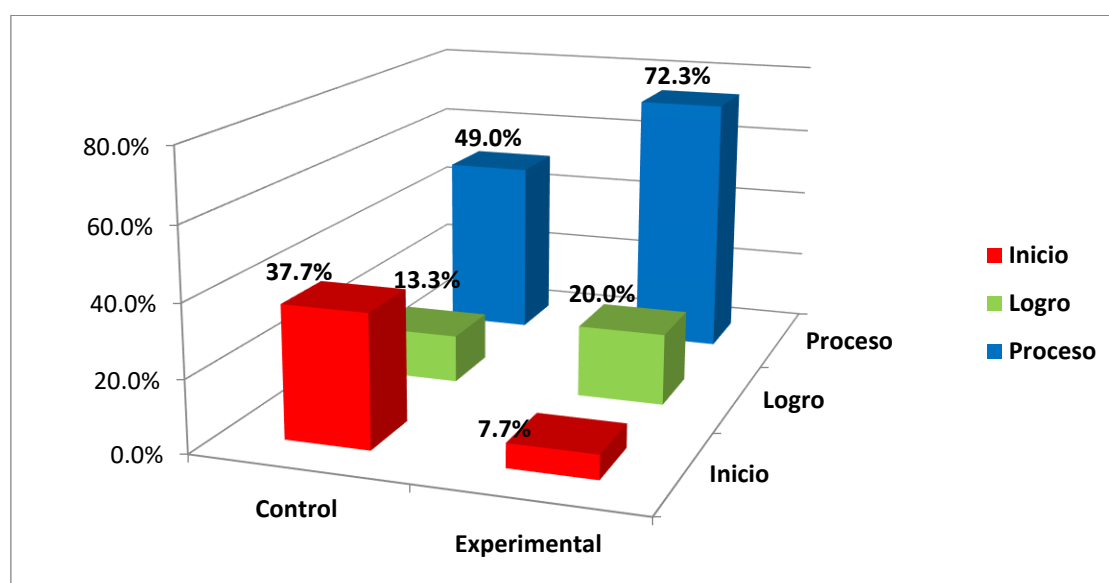


Tabla 7

Comparación de niveles de la dimensión colas de espera de los grupos control y experimental

			GRUPO		Total
			Experimental	Control	
Colas de espera	Inicio	Recuento	4	10	14
		% dentro de GRUPO	10.0%	25.0%	17.5%
	Proceso	Recuento	15	16	31
		% dentro de GRUPO	37.5%	40.0%	38.8%
	Logro	Recuento	21	14	35
		% dentro de GRUPO	52.5%	35.0%	43.7%
Total	Recuento		40	40	80
	% dentro de GRUPO		100,0%	100,0%	100,0%

De los 80 estudiantes en la dimensión colas de espera: 17.5% (14) alcanzaron el nivel inicio, 38.8% (31) el nivel proceso, y 43.7% (35) se ubicaron en el nivel logrado. Igualmente de los 40 estudiantes del grupo experimental: el 10.0% (4) se ubicó en el nivel en inicio, 37.5% (21) se ubico en el nivel proceso y 52.5% (21) en el nivel logro. Asimismo de los 40 estudiantes del grupo control: 17.5% (14) se ubicó en el nivel de inicio, 38.8% (31) se ubicó en el nivel proceso y 17.5% (14) en el nivel logro.

Figura 12

Niveles del análisis de colas de espera

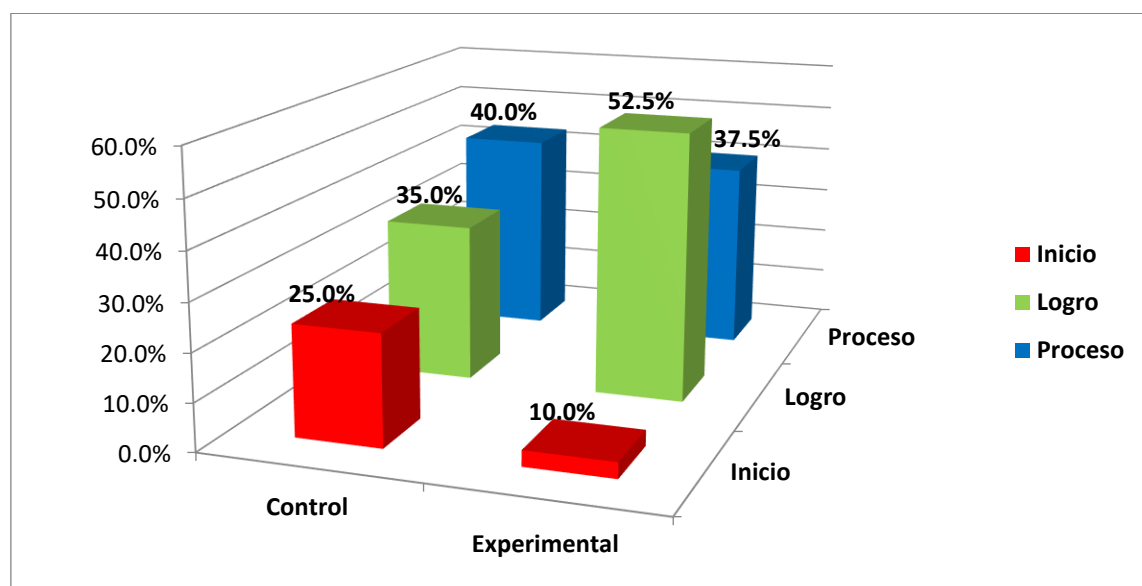


Tabla 8

Comparación de niveles de la dimensión administración de proyectos de espera de los grupos control y experimental

			GRUPO		Total
			Experimental	Control	
Administración de proyectos	Inicio	Recuento	8	8	16
		% dentro de GRUPO	20.0%	20.0%	20.0%
	Proceso	Recuento	24	26	50
		% dentro de GRUPO	60.0%	65.0%	62.5%
	Logro	Recuento	8	6	14
		% dentro de GRUPO	20.0%	15.0%	17.5%
	Total	Recuento	40	40	80
		% dentro de GRUPO	100,0%	100,0%	100,0%

De los 80 estudiantes en la dimensión administración de proyectos: 20.0% (16) alcanzaron el nivel inicio, 62.5% (50) el nivel proceso, y 17.5% (14) se ubicaron en el nivel logro. Igualmente de los 40 estudiantes del grupo experimental: el 20.0% (8) se ubicó en el nivel en inicio, 60.0% (24) se ubico en el nivel proceso y 20.0% (8) en el nivel logro. Asimismo de los 40 estudiantes del grupo control: 20.0% (16) se ubicó en el nivel de inicio, 65.0% (26) se ubicó en el nivel proceso y 15.0% (6) en el nivel logro.

Figura 13

Niveles del análisis de administración de proyectos

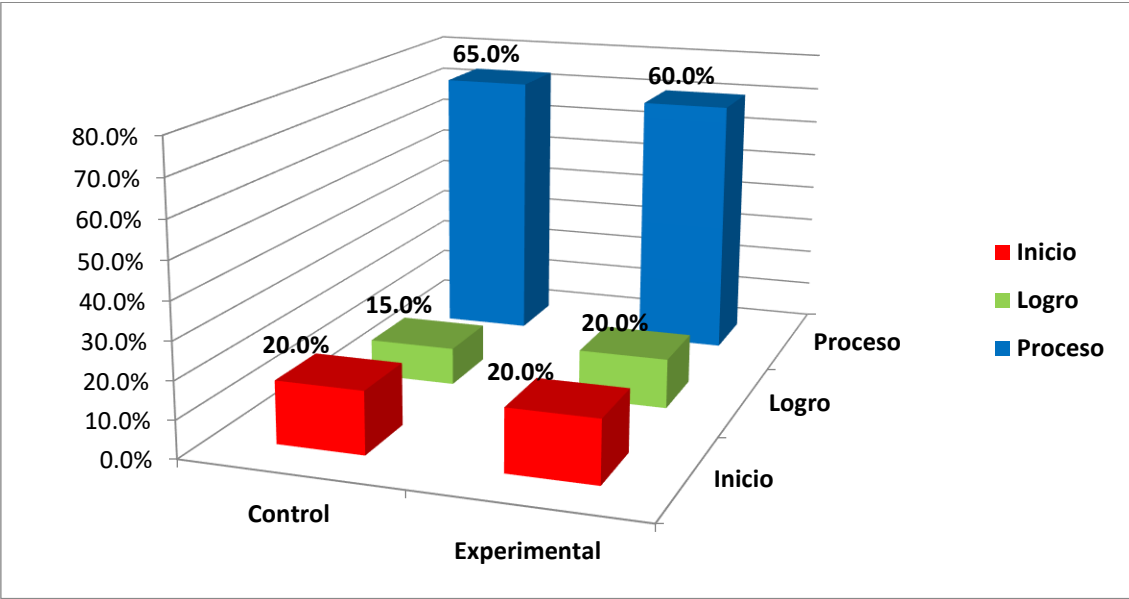


Tabla 9

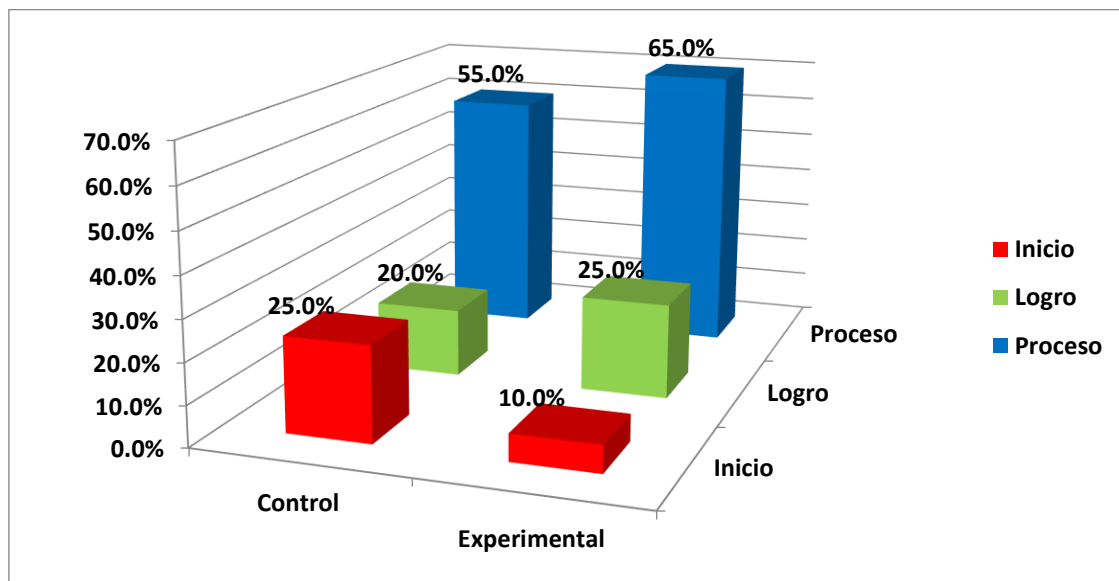
Comparación de niveles de la dimensión pronósticos de los grupos control y experimental

			GRUPO		Total
			Experimental	Control	
Pronósticos	Inicio	Recuento	4	10	14
		% dentro de GRUPO	10.0%	25.0%	17.5%
	Proceso	Recuento	26	22	48
		% dentro de GRUPO	65.0%	55.0%	60.0%
	Logro	Recuento	10	8	18
		% dentro de GRUPO	25.0%	20.0%	22.5%
Total	Recuento		40	40	80
	% dentro de GRUPO		100,0%	100,0%	100,0%

De los 80 estudiantes en la dimensión pronósticos: 17.5% (14) alcanzaron el nivel inicio, 60.0% (48) el nivel proceso, y 22.5% (18) se ubicaron en el nivel logro. Igualmente de los 40 estudiantes del grupo experimental: el 10.0% (4) se ubicó en el nivel en inicio, 65.0% (26) se ubico en el nivel proceso y 25.0% (10) en el nivel logro. Asimismo de los 40 estudiantes del grupo control: 25.0% (10) se ubicó en el nivel de inicio, 55.0% (22) se ubicó en el nivel proceso y 20.0% (8) en el nivel logro.

Figura 14

Niveles del análisis de investigación pronósticos



4.2 Resultados inferenciales

Prueba de normalidad

Para efectos de la utilización del estadístico para la prueba de hipótesis, se aplicó una prueba de normalidad, que por comprender 80 elementos en la muestra se usó la prueba de Kolmogorov Smirnov, al 95% de confianza.

Se ha evaluado la normalidad de los datos considerando el puntaje total de cada grupo, así como de cada dimensión.

H₀: La variable Análisis de investigación operativa y sus dimensiones tienen distribución normal

H_a: La variable Análisis de investigación operativa y sus dimensiones no tienen distribución normal

Regla de contraste:

Sí $p \leq 0,05$, se rechaza la H₀

Sí $p > 0,05$, se acepta la H_a

Tabla 10

Prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov para la variable y sus dimensiones

Grupo		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Experimental	Programación Lineal	,171	40	,005	,884	40	,001
	Colas de espera	,239	40	,000	,819	40	,000
	Administración de proyectos	,223	40	,000	,825	40	,000
	Pronósticos	,279	40	,000	,796	40	,000
	Análisis de investigación operativa	,165	40	,008	,890	40	,001
Control	Programación Lineal	,203	40	,000	,898	40	,002
	Colas de espera	,202	40	,000	,923	40	,010
	Administración de proyectos	,191	40	,001	,926	40	,012
	Pronósticos	,192	40	,001	,923	40	,010
	Análisis de investigación operativa	,136	40	,060	,960	40	,168

a. Corrección de significación de Lilliefors

Análisis e interpretación: En la tabla se muestran los resultados de la prueba Kolmogorov Smirnov, al 95% de confianza. El valor p hallado para ambos grupos, la variable análisis de investigación operativa y sus dimensiones es mucho menor que 0.05, por lo que se afirma que es posible rechazar H_0 , la variables y sus dimensiones no presentan normalidad. y para efecto del estudio, se utilizó un estadístico no paramétrico para la comparación de las hipótesis, como le prueba U de Mann-Whitney.

Hipótesis general

- H_0 El programa Invessoft no influye en el análisis de investigación operativa en estudiantes de Ingeniería Industrial de una universidad pública, Lima 2021.
- H_a El programa Invessoft influye en el análisis de investigación operativa en estudiantes de Ingeniería Industrial de una universidad pública, Lima 2021.

Tabla 11

Estadística de grupo						
	Grupo	N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar	Coeficiente de Variación
Total	Experimental	40	15,200	1,91083	,30213	12.57%
Total	Control	40	10,350	2,08228	,32924	20.09%

Tabla 12

Prueba de U de Mann-Whitney- Hipótesis general

<i>Estadísticos de prueba^a</i>	
	TOTAL
U de Mann-Whitney	68,500
W de Wilcoxon	888,500
Z	-7,076
Sig. asintótica (bilateral)	,000

a. Variable de agrupación: Grupo

En la tabla de verificación de la influencia de la variable independiente sobre la dependiente a través del estadístico U de Mann-Whitney, donde el valor $p = 0.000 < 0.05$; lo que permite asumir que existen diferencias significativas entre el grupo control y el grupo experimental con un nivel de confianza del 95%. En consecuencia, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la alternativa, que indica

que el programa Invessoft tiene efectos en la variable análisis de investigación operativa.

Asimismo, se observan evidencias que en el grupo experimental el promedio de notas es 15.2, mientras que en el grupo control la media es de 10.4. Lo que demuestra las diferencias en el rendimiento entre ambos grupos, dándose este en favor del grupo experimental. Además, se observa una mejor homogeneidad de variabilidad en el grupo experimental (12.57%); mientras que en el grupo control se observa una mayor variabilidad (20.09%).

Hipótesis específica 1

H₀ El programa Invessoft no influye en el análisis de programación lineal en estudiantes de Ingeniería Industrial de una universidad pública, Lima 2021.

H₁ El programa Invessoft influye en el análisis de programación lineal en estudiantes de Ingeniería Industrial de una universidad pública, Lima 2021.

Tabla 13

Estadísticas de grupo						
	Grupo	N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar	Coefficiente de Variación
Programación Lineal	Experimental	40	3,58	1,259	,199	35.16%
	Control	40	2,53	,987	,156	39.01%

Tabla 14

Prueba U de Mann-Whitney – Hipótesis específica 1

Estadísticos de prueba ^a	
	Programación lineal
U de Mann-Whitney	407,500
W de Wilcoxon	1227,500
Z	-3,891
Sig. asintótica (bilateral)	,000

a. Variable de agrupación: Grupo

En la tabla de verificación de la influencia de la variable independiente sobre la dependiente a través del estadístico U de Mann-Whitney, donde el valor $p = 0.000 < 0.05$; lo que permite asumir que existen diferencias significativas entre el grupo control y el grupo experimental con un nivel de confianza del 95%. En consecuencia, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la alternativa, que indica que el programa Invessoft tiene efectos en la variable análisis de programación lineal.

Asimismo, se observan evidencias que en el grupo experimental el puntaje promedio de notas es 3.58, mientras que en el grupo control la media es de 2.54. Lo que demuestra las diferencias en el rendimiento entre ambos grupos, dándose este en favor del grupo experimental. Además, se observa una mejor homogeneidad de variabilidad en el grupo experimental (35.16%); mientras que en el grupo control se observa una mayor variabilidad (39.01%).

Hipótesis específica 2

H_0 El programa Invessoft no influye en el análisis de colas de espera en estudiantes de Ingeniería Industrial de una universidad pública, Lima 2021.

H_1 El programa Invessoft influye en el análisis de colas de espera en estudiantes de Ingeniería Industrial de una universidad pública, Lima 2021.

Tabla 15

Estadísticas de grupo						
	Grupo	N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar	Coeficiente de Variación
Colas de espera	Experimental	40	,83	,385	,385	46.38%
	Control	40	,53	,506	,506	95.47%

Tabla 16

Prueba U de Mann-Whitney – Hipótesis específica 2

Estadísticos de prueba ^a	
	Colas de espera
U de Mann-Whitney	280,500
W de Wilcoxon	1100,500
Z	-5,122
Sig. asintótica (bilateral)	,000

a. Variable de agrupación: Grupo

En la tabla de verificación de la influencia de la variable independiente sobre la dependiente a través del estadístico U de Mann-Whitney, donde el valor $p = 0.000 < 0.05$; lo que permite asumir que existen diferencias significativas entre el grupo control y el grupo experimental con un nivel de confianza del 95%. En consecuencia, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la alternativa, que indica que el programa Invessoft tiene efectos en la dimensión colas de espera.

Asimismo, se observan evidencias que en el grupo experimental el puntaje promedio de notas es 0.83, mientras que en el grupo control la media es de 0.53. Lo que demuestra las diferencias en el rendimiento entre ambos grupos, dándose este en favor del grupo experimental. Además, se observa una mejor homogeneidad de variabilidad en el grupo experimental (46.38%); mientras que en el grupo control se observa una mayor variabilidad (95.47%).

Hipótesis específica 3

H_0 El programa Invessoft no influye en el análisis de administración de proyectos en estudiantes de Ingeniería Industrial de una universidad pública, Lima 2021.

H_1 El programa Invessoft influye en el análisis de administración de proyectos en estudiantes de Ingeniería Industrial de una universidad pública, Lima 2021.

Tabla 17

Estadísticas de grupo						
	Grupo	N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar	Coefficiente de Variación
Administración de proyectos	Experimental	40	3,85	1,258	,198	32.67%
	Control	40	2,58	1,152	,182	44.65%

Tabla 18

Prueba U de Mann-Whitney – Hipótesis específica 3

Estadísticos de prueba ^a	
	Administración de proyectos
U de Mann-Whitney	361,000
W de Wilcoxon	1181,000
Z	-4,321
Sig. asintótica (bilateral)	,000

a. Variable de agrupación: Grupo

En la tabla de verificación de la influencia de la variable independiente sobre la dependiente a través del estadístico U de Mann-Whitney, donde el valor $p = 0.000 < 0.05$; lo que permite asumir que existen diferencias significativas entre el grupo control y el grupo experimental con un nivel de confianza del 95%. En consecuencia, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la alternativa, que indica que el programa Invessoft tiene efectos en la dimensión administración de proyectos.

Asimismo, se observan evidencias que en el grupo experimental el puntaje promedio de notas es 3.85, mientras que en el grupo control la media es de 2.58. Lo que demuestra las diferencias en el rendimiento entre ambos grupos, dándose este en favor del grupo experimental. Además, se observa una mejor homogeneidad de variabilidad en el grupo experimental (32.67%); mientras que en el grupo control se observa una mayor variabilidad (44.65%).

Hipótesis específica 4

H_0 El programa Invessoft no influye en el análisis de pronósticos en estudiantes de Ingeniería Industrial de una universidad pública, Lima 2021

H_1 El programa Invessoft influye en el análisis de pronósticos en estudiantes de Ingeniería Industrial de una universidad pública, Lima 2021

Tabla 19

Estadísticas de grupo						
	Grupo	N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar	Coeficiente de Variación
Pronósticos	Experimental	40	3,83	1,375	,217	35.90%
	Control	40	2,80	1,181	,187	42.18%

Tabla 20

Prueba U de Mann-Whitney – Hipótesis específica 4

Estadísticos de prueba ^a	
	Pronósticos
U de Mann-Whitney	455,500
W de Wilcoxon	1275,500
Z	-3,404
Sig. asintótica (bilateral)	,001

a. Variable de agrupación: Grupo

En la tabla de verificación de la influencia de la variable independiente sobre la dependiente a través del estadístico U de Mann-Whitney, donde el valor $p = 0.001 < 0.05$; lo que permite asumir que existen diferencias significativas entre el grupo control y el grupo experimental con un nivel de confianza del 95%. En consecuencia, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la alternativa, que indica que el programa Invessoft tiene efectos en la dimensión pronósticos.

Asimismo, se observan evidencias que en el grupo experimental el puntaje promedio de notas es 3.83, mientras que en el grupo control la media es de 2.80. Lo que demuestra las diferencias en el rendimiento entre ambos grupos, dándose este en favor del grupo experimental. Además, se observa una mejor homogeneidad de variabilidad en el grupo experimental (35.90%); mientras que en el grupo control se observa una mayor variabilidad (42.18%).

V. DISCUSIÓN

Diversos estudios muestran que el empleo de los Software contribuye satisfactoriamente en el proceso de la enseñanza y el aprendizaje de la asignatura Investigación Operativa en estudiantes universitarios, corroborando así los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación. Un estudio realizado por Ochoa et al.(2021), luego de utilizar diferentes recursos didácticos Solver, POM-QM y Lingo para la resolución de problemas en investigación operativa porque los participantes presentaban dificultades, realizaron un estudio de tipo cuantitativo, aplicado, contó con 80 participantes, dividido en dos grupos, la investigación adoptó el diseño cuasiexperimental con medida solo después, aplicaron en el grupo experimental un programa durante 12 semanas, mientras el grupo control continuó con metodología tradicional, para medir los logros se utilizó una prueba de rendimiento que sometido a una validez de contenido por juicio de experto que evidenció 0.94 en la V de Aiken; mientras que la confiabilidad $\alpha = 0.965$. Los resultados evidenciaron diferencias significativas entre ambos grupos a un nivel de confianza $p < 0.05$ siendo que los alumnos del grupo experimental mostraron mejor desempeño que el grupo control, llegando a la conclusión que el empleo de las herramientas digitales facilita la resolución en la resolución de problemas investigación operativa. Un estudio similar fue realizado por Sánchez & Rosete (2020) en el que el grupo experimental recibió las clases del curso Investigación Operativa utilizando los software WinQSB y Solver, este grupo tuvo mejores calificaciones que los alumnos del grupo control quienes recibieron las clases de la manera tradicional sin el uso de software. En el estudio realizado por Cavallin et al. (2017) se utilizó un método pedagógico para la enseñanza de la Investigación Operativa, utilizando el software POM-QM y tuvo como resultado un mayor interés por la temática por parte de los estudiantes. Similarmente, Sousa (2014) determinó que el empleo de la Calculadora LOpt (calculadora para optimización lineal) contribuyó significativamente en el proceso de enseñanza y aprendizaje de la Investigación Operativa. Cabe mencionar, que hay investigaciones orientadas al desarrollo de software que puedan ser de utilidad en la enseñanza de la Investigación Operativa; al respecto, se desarrolló un prototipo de software para uso en la programación lineal con un enfoque pedagógico; que se caracterizó por ser sencillo y didáctico para estudiantes de ingeniería de sistemas del curso Investigación Operativa lo que dio lugar a un mayor

interés por la asignatura por parte de los estudiantes (Ávila, 2019). En otro estudio, con fines didácticos, se integró el algoritmo Simplex en una hoja de cálculo de Excel, creando un programa automatizado en VBA (Visual Basic para Aplicaciones) para Excel, con el que se implementó el algoritmo (Ferreira, 2015).

La investigación realizada demuestra que en el análisis de investigación operativa el 32.5% de los estudiantes que se les enseñó con el programa Invessoft y 17.55% del grupo control obtuvieron el nivel logrado; de igual manera el 52.5% del grupo experimental y 47.55% del grupo control se situaron en el nivel de proceso; en cambio 17.5% de grupo experimental y 35.0% del grupo control se situaron en el nivel de inicio; estos logros demuestran que la utilización del programa tuvo resultados positivos en el grupo de experimento; además, la prueba de hipótesis demostró que existían diferencias significativas entre el grupo control y el experimental después de aplicar el programa. Al respecto, Kowalski et al. (2015) afirma que en las universidades que forman ingenieros industriales deben enfocarse a la solución de problemas mediante algoritmos y el uso intensivo de softwares el estudiante., de igual manera Medel et al. (2018) desarrolla softwares educativos en plataforma libre utilizó como marco de trabajo Bootstrap, la biblioteca de JavaScript JQuery, además de HTML5 y CSS3 al realizar controles comprobaron la calidad de la aplicación y la satisfacción de los requisitos. También Mariana Falco et al. (2018) afirma que los softwares son un complemento importante en la enseñanza del curso de investigación operativa a medida que los problemas se formulan con muchas variables y la solución manual se vuelve compleja. Es evidente que nuestra propuesta en el análisis de investigación operativa es de suma importancia el uso intensivo de softwares, también concuerda con (Y. Martínez et al., 2020) de enfoque cuantitativo, y diseño experimental, la muestra fue de 20 patrones para estudiar el comportamiento de los algoritmos usados al problema.

El análisis de los resultados de evaluación de programación lineal reveló que 20.0% experimental y 13.3% del grupo control se situaron en el nivel logrado; 72.3% del grupo experimental y 49.5% del grupo control se ubicaron en el nivel proceso; mientras que el 7.7% y 37.7% del grupo experimental y control respectivamente en inicio. Al respecto Rosales & Chávarri (2021) manifiestan que para resolver

programación lineal los mejores softwares son solver, lingo y pqm, coincidiendo con nuestra investigación sobre el uso de los softwares.

Al analizar los resultados de la evaluación de colas de espera se evidenció un 52.5% del grupo experimental y 35% del grupo control alcanzaron el nivel logrado; 37.5% del grupo experimental y 40.0% del grupo control en proceso mientras que 10% del grupo experimental y 25.0% del grupo control en inicio. La investigación de (Camacho et al., 2019) destaca la importancia de la construcción de simuladores gráficos en modelos de colas de espera mediante el uso de softwares en la educación superior, resaltando la generación de informes para su interpretación, concuerda con nuestra posición del uso de herramientas que optimicen el aprendizaje.

Con respecto a los resultados de administración de proyectos el 20.0% del grupo experimental y 15.0% del grupo control se ubicaron en nivel logrado; 60.0% del grupo experimental y 65% del grupo control en proceso; mientras que el 20.0% del grupo experimental y 20.0% del grupo control en nivel inicio. Al respecto Guerrero (2011) diseña un modelo de aprendizaje en competencias en administración de proyectos basados en la empleabilidad y competitividad profesional, concordando con nuestra propuesta sobre el uso de herramientas que mejoren el proceso enseñanza aprendizaje.

Al analizar los resultados de pronósticos el 25.0% del grupo experimental el 20.0% del grupo experimental y 65.0% del grupo control se ubicaron en nivel logrado; 55.0% del grupo experimental y 55.0% del grupo control en proceso; mientras que el 10.0% del grupo experimental y 25.0 del grupo control en nivel inicio. En la investigación realizada por (García et al., 2016) desarrolla un soporte tecnológico basado en casos, aplicó el modelo ARIMA de Box y Jenkins con el objetivo de mejorar los modelos de pronósticos brindando diferentes escenarios de mejora que coincide con nuestra propuesta en el uso intensivo de softwares.

VI. CONCLUSIONES

Primera

Se evidenció que el programa Invessoft sí influye en el análisis de investigación operativa en estudiantes de Ingeniería Industrial de una universidad pública, Lima 2021; habiéndose obtenido un $p=0,000$ y en la prueba U de Mann-Whitney $= 68,500$.

Segunda

Se determinó que el programa Invessoft sí influye en el análisis de programación lineal en estudiantes de ingeniería industrial; obteniéndose un $p=0,001$ y en la prueba U de Mann-Whitney $= 407,500$.

Tercera

Se determinó que el programa Invessoft, sí influye en el análisis de colas de espera lineal en estudiantes de ingeniería industrial; obteniéndose un $p=0,000$ y en la prueba U de Mann-Whitney $= 280,500$.

Cuarta

Se determinó que el programa Invessoft sí influye en el análisis de administración de proyectos en estudiantes de ingeniería industrial; obteniéndose $p=0,000$ y en la prueba U de Mann-Whitney $= 361,000$.

Quinta

Se determinó que el programa Invessoft sí influye en el análisis de pronósticos en estudiantes de ingeniería industrial; habiéndose obtenido un $p=0,001$ y en la prueba U de Mann-Whitney $= 455,500$.

VII. RECOMENDACIONES

Primera: Se recomienda programas de actualización dirigido a docentes que enseñan el curso de investigación operativa, en el uso intensivo de softwares de optimización dado que la investigación demuestra que el uso de un programa mejora significativamente en el rendimiento del estudiante.

Segunda: Se recomienda a los decanos la implementación de programas de tutoría dirigido a estudiantes en softwares de programación lineal, planteamiento, reconocimiento de variables, interpretación.

Tercera: Se recomienda a los directores de escuela implementar los laboratorios con simuladores de fenómenos de líneas de espera, porque en la investigación demuestra que el uso de programas mejora de manera significativa la comprensión de los estudiantes.

Cuarta: Se recomienda a los docentes que enseñan el curso de investigación operativa realizar modelos de administración de proyectos a través de softwares de optimización.

Quinta: Se recomienda a los directores de escuela implementar los laboratorios con simuladores de pronósticos, porque en la investigación demuestra que el uso de programas mejora de manera significativa la comprensión de los estudiantes.

VIII. PROPUESTA

Taller de virtual de capacitación Invessoft para una mejor enseñanza del curso de investigación operativa

8.1 Descripción

El taller de capacitación Invessoft propone la mejora en la enseñanza en el curso de investigación operativa, a través del desarrollo de sesiones, donde se aplicó un examen de rendimiento a cada grupo de estudiantes del diseño cuasi experimental. Al terminar la investigación se plantea la preparación de sesiones para un mejor aprendizaje de los estudiantes. Las sesiones deben estar dentro del área de OTAP (Oficina de Planificación y Tutoría Académica) en la que participan docentes dentro de su carga lectiva asignados al área mediante un aprendizaje activo en la que se vinculen las teorías con el mundo real. Dirigido a estudiantes que hayan desaprobado en el ciclo anterior estudiantes con bajo rendimiento en el curso, estudiantes que quieran mejorar sus capacidades de tomar decisiones.

8.2. Ventajas y desventajas

Los talleres de enseñanza son muy productivos y mejoran el rendimiento de los estudiantes, presentan las siguientes ventajas: (a) Lograr un mejor manejo de los softwares de optimización. (b) Orientar en la mejor toma de decisiones (c) Motivar a los docentes a especializarse en uso de softwares que propios de la carrera de ingeniería industrial (d) Promover el desarrollo de capacitaciones en el área de tutoría de la facultad. (e) Aplicar talleres similares para la mejora de la enseñanza en las demás escuelas de ingeniería que conforman la facultad.

Algunas desventajas que pueden presentarse: a) Poco compromiso de los docente a participar de los talleres. (b) Falta de conocimiento de softwares aplicados a investigación operativa. (c) Cruce de horarios entre la disponibilidad docente y del estudiante. (d) Interrupción del internet por diferentes motivos (caída o sobresaturación de la red, corte del servicio, entre otros). (e) Falta de contar paquete de datos por la situación económica de estudiantes de universidad estatal.

8.3 Justificación y explicación de la propuesta

Los talleres de reforzamiento son muy importantes, porque los estudiantes de ingeniería tendrán mejores herramientas y desarrollarán mejores capacidades que los ayudarán a dominar la metodología de solución de problemas de decisión empresariales, comprensión de procesos de modelamiento de problemas, aplicar algoritmos matemáticos y selección de softwares adecuados, interpretación de

resultados para tomar mejores decisiones en su vida personal y como profesionales serán más competitivos.

8.4. Cronograma de actividades

El taller virtual de capacitación Invessoft debe programarse antes del inicio del ciclo académico, para que los estudiantes y personal docente programen sus horas y los estudiantes sepan con la debida anticipación la programación de las fechas del taller virtual.

8.5 Evaluación y control

A fin de cada ciclo académico se debe hacer una evaluación para determinar el número de estudiantes que han participado en estos talleres de capacitación virtual, y expresar mediante indicadores evaluar si el rendimiento de los estudiantes ha mejorado; asimismo para controlar el cumplimiento de los docentes sobre las horas asignadas dentro de su carga académicas.

Sesión	Aprendizaje a desarrollar	Contenido temático	Estrategia didáctica	Materiales o recursos
1	Sensibilización e invitación a los participar en el taller	-Examen diagnóstico.	-Plataforma tems	- Pruebas de respuestas cortas y abiertas
2	Dominar la metodología de resolución de problemas de decisión.	-Modelamiento de problemas formales frente a los intuitivos Modelos de optimización con limitantes -Presentar diferentes aplicaciones en el mundo empresarial	- Plataforma tems	Trabajos prácticos y tareas experimentales
3	Analizar y definir un problema de decisión bajo estudio	-Evaluar que tipo de optimización se requiere -Problemas no factibles	- Plataforma teams	Trabajos prácticos y tareas experimentales
4	Comprender el procedimiento de modelado de problemas ya estudiados por la Investigación Operativa.	-Gráficas de desigualdades y contornos -limitantes activas e inactivas -problemas no acotados	- Plataforma teams	- Pruebas de respuestas cortas y abiertas
5	Representar mediante un modelo matemático problemas de decisión similares a los ya estudiados u otros asociados a la actuación profesional	-Sinopsis de solución por programa -Problemas duales	- Plataforma teams	Trabajos prácticos y tareas experimentales

6	Adaptar los modelos existentes a casos concretos que se ajusten razonablemente a ellos	-Simulación -Eventos aleatorios	- Plataforma teams	Trabajos prácticos y tareas experimentales
7	Comprender y aplicar los algoritmos y herramientas para hallar soluciones a los modelos matemáticos.	-Heurística, objetivos múltiples -Modelos de restricciones de lagranje	- Plataforma teams	Prueba de ejecución de tareas simuladas
8	Interpretar los resultados obtenidos y elaborar fundadamente pequeños informes.	Interpretar las soluciones de los diferentes softwares y tomar decisionesu	- Plataforma teams	Emite informe

REFERENCIAS

- Alzate, P. M. (2018). *Investigación de Operaciones. Conceptos fundamentales*. Ediciones de la U.
- Ander-Egg, E. (2011). *Técnicas e investigación social*. Trillas.
- Anderson, David, Sweeney, D., Williams, T., & Camm, J. (2011). *Métodos cuantitativos para los negocios* (L. Cengage (ed.); 11.ª ed.).
- Andia, R. X. (2016). *Aplicación de la Investigación de Operaciones para la mejora de la productividad en el proceso de atención al cliente del Consorcio Eulen del Perú de Servicios Generales S.A., Callao, 2016*. Universidad César Vallejo.
- Aquino, J. (2012). *Investigación de operaciones*. Red Tercer Milenio.
- Ávila, J. (2015). Investigación de Operaciones apoyado con software. *Universidad Nacional Costa Rica*, 5. http://www.niee.ufrgs.br/eventos/RIBIE/2008/pdf/investigacion_operaciones.pdf%0A
- Ávila, N. (2019). *Prototipo de software de apoyo para el aprendizaje de los métodos simplex y dual-simplex pertenecientes a la programación lineal en investigación de operaciones*. Universidad Autónoma de Bucaramanga.
- Bauer, F. (1972). Software engineering, information processing. En *North Holland Publishing. Co., Amsterdam*.
- Berger, E. (2016). *Investigación de Operaciones y Métricas para la medición y mejora de la Confiabilidad de Software*. <https://www.google.com/search?q=berger+2016%2C+investigacion+operativa&oq=&aqs=chrome.2.35i39i362l8...8.18038067j0j15&sourceid=chrome&ie=UTF-8>
- Betancourt, S. (2004). *Efectos de un programa de intervención basada en la técnica de aprendizaje de la controversia, sobre el pensamiento crítico de los/as chicos/as de sexto curso del Centro de Enseñanza Primaria de Plentzia – Vizcaya en el área de castellano a partir del pro*. Universidad Complutense de Madrid.
- Bravo, F., & Quezada, T. (2021). Virtual education in the university in times of Covid-19. *Entrepreneurship TES*, 5(1), 154-166. <https://doi.org/10.33970/eetes.v5.n1.2021.238>
- Caicedo, A., Benítez, D., & Ramírez, A. (2020). CEREBR-IO : Playful activity for teaching and strengthening the subject Investigación de Operaciones

CEREBR-IO: Actividad lúdica para la enseñanza y el. *I+D Revista de Investigaciones*, 15(2), 148-168
<https://www.revistacomunicar.com/index.php?contenido=detalles&numero=51&articulo=51-2017-06> .

- Caicedo Mora, A. D., Benítez Agudelo, D. S., & Ramírez Rubio, A. M. (2020). CEREBR-IO: Actividad lúdica para la enseñanza y el fortalecimiento de la investigación de operaciones. *I+D Revista de Investigaciones*, 15(2), 137-151. <https://doi.org/10.33304/revinv.v15n2-2020013>
- Camacho, A., Ivette, M., Franco, C., & Gonz, V. (2019). *Fidelidad en el uso de app para la resolución de softwares*. 74-89. file:///C:/Users/pc/Desktop/Dialnet-FidelidadEnElUsoDeAppParaLaResolucionDeEcuacionesD-6940121.pdf
- Cañal de León, P. (s. f.). Teaching activities: A classification scheme. In *Research in the School*. 2000 (Vol. 40, pp. 5-21).
- Canizo, E., & Lucero, P. (2002). Investigación Operativa 2002 Software Para Programación Lineal Investigación Operativa 2002 Software Para Programación Lineal. *Investigación Operativa 2002 Software Para Programación Lineal*, 1-22.
- Carrasco, S. (2019). *Metodología de investigación científica. Pautas metodológicas para diseñar y elaborar el proyecto de investigación*. San Marcos.
- Carro, R. (2014). *Investigación de operaciones en la administración*. Universidad Nacional Mar del Plata.
- Cavallin, A., Rossit, D., Rossit, D., Broz, D., Frutos, M., & López, N. (2017). Estrategias de enseñanza para motivar el aprendizaje de los estudiantes en contenidos de Investigación Operativa. *Revista de La Escuela de Perfeccionamiento en Investigación Operativa*, 25(41), 54-68 <https://doi.org/10.19083/10.19083/ridu.2020.1315>.
- Churchman, C., Ackoff, R., & Arnoff, L. (1973). *Introducción a la investigación operativa* (Madrid: Es). Aguilar.
- Curvelo, D. (2016). *Estrategias didácticas para el logro del aprendizaje significativo en los alumnos cursantes de la asignatura seguridad industrial*. Universidad de Carabobo.
- Eppen, G., Gould, F., Schmidt, C., Moore, J., & Weatherford, L. (2000). Investigación de operaciones en la ciencia de la administración. En

Pearson/Prentice Hall.

- Everett, E. y Ebert, R. (1991). *Production and operations management: concepts, models and operation.* University of Missouri.
- Fairley, R. (1985). *Software engineering concepts.* Mc Graw-Hill.
- Falco, M., Nuñez, I., Perea, L., Carlevari, R., & Tanzi, F. (2018). Herramienta Software como Soporte al Proceso de Enseñanza-Aprendizaje de la Programación Lineal. *Simposio Argentino de Enseñanza Superior en Informática (SAESI)-JAIIO* 47, 33-45.
<http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/71017>
- Falco, M., Nuñez, I., Perea, L., Carlevari, R., & Tanzi, F. (2019). Tanziflex: Herramienta software para la resolución de problemas de programación lineal. *Revista Iberoamericana de Informática Educativa*, 29, 1-13.
- Falco, Mariana, Núñez, I., Tanzi, F., & Muñoz, L. P. (2018). Abordando el Análisis de Usabilidad de Tanziflex, una Herramienta Web para Investigación Operativa. *RISTI - Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*, 30, 91-107. <https://doi.org/10.17013/risti.30.91-106>
- Fernández, V., Zelaia, A., & Aramendia, P. (2019). Software management tool and links for Operations Research.
- Ferreira, J. (2015). *La hoja de cálculo como herramienta para investigación operativa.* Universidad Politécnica de Cartagena.
- Figallo, F., González, M., & Diestra, V. (2020). Perú: Educación superior en el contexto de la pandemia por el COVID-19. *Revista de Educación Superior en América Latina*, 8(8), 20-28. <https://doi.org/10.14482/esal.8.378.85>
- Flores, M. (2020). Fundamentals of Operations Research in Economics. *Dominio de las Ciencias*, 6(4), 1560-1573.
<https://dominiodelasciencias.com/ojs/index.php/es/article/view/1568/2959>
- Fylstra, D., Lasdon, L., Watson, J., & Waren, A. (1998). Design and use of the Microsoft Excel Solver. *INFORMS Journal Applied Analytic*, 28(5), 29-55.
<https://doi.org/10.1287/inte.28.5.29>
- García, A., Trujillo, Y., & Arza, L. (2016). Pronóstico de éxito en la Mejora de Procesos de Software. *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*, 10(0), 15-30.
- Gené, J., & Arnavat, X. (2004). Multichannel marketing strategies.2000, 1-5
http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/21504/Valdez_BEB.pdf?se

quenc e=1&isAllow .

- Gonzales, D., Santos, R., & Palmas, R. (2001). Una experiencia práctica de programación matemática con lingo. *Rect@ - Revista Electrónica de Comunicaciones y Trabajos de ASEPUMA.*, 9(1), 19.
- Guerrero, D. A. M. (2011). *Modelo de aprendizaje y certificación en competencias en la dirección de proyectos de desarrollo sostenible*. 692.
- Guerrero, H. (2017). Applied linear programming. Ecoe.
- Gutiérrez, M., Ruiz, A., & Pérez, L. (2020). Educative software using by Rehabilitation teachers, Holguín. September 2019- January 2020. *O.Health Care & Global Health*, 4(2), 65-70. <https://doi.org/10.22258/hgh.2020.42.82>.
- Hernández-Sampieri, & Mendoza. (2018a). Metodología de la investigación - Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. En McGraw-Hill (Ed.), *Mac graw hill education*.
- Hernández-Sampieri, R., & Mendoza, C. P. (2018b). Metodología de la Investigación. Las rutas Cuantitativa Cualitativa y Mixta. En *universidad tecnologica laja Bajio*.
- Herrera, W., & Zuloeta, J. A. (2018). Sensitivity analysis with WinQsb in the optimization of linear programming problems. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.
- Hillier, F. y Lieberman, G. (2010). *Introducción a la investigación de operaciones*. Mc Graw-Hill.
- Howard, J. (2006). *POM-QM for Windows, version 3: software for decision sciences: quantitative methods, management science, production and operations management*. Pearson/Prentice Hall.
- Jacobs, F.; Chase, R.; Quliano, R. (2009). *Administración de operaciones*. Mc Graw-Hill.
- Juan, Á. A., Huertas, M. A., Steegmann, C., & Terrádez, M. (2006). Uso e integración de las TIC en asignaturas cuantitativas aplicadas: La experiencia de los estudios de informática y multimedia de la UOC. *Teoría de la Educación. Educación y Cultura en la Sociedad de la Información*, 7(1). <https://www.redalyc.org/pdf/440/44015082010.pdf> .
- Klimovsky, G. (2011). The hypothetical-deductive method and logic . *Memoria Académica*, 3-24. <https://doi.org/10.24215/1859959.27.e9> .

- Kowalski, V., Enríquez, H., Santelices, I., & Erck, M. (2015). Enseñanza de algoritmos en Investigación Operativa: un enfoque desde la formación por competencias. *Ingeniería Industrial. Actualidad y Nuevas Tendencias*, 4, 15. <http://www.redalyc.org/html/2150/215047546008/>
- Long-Chang, Y. (2003). *WinQSB*. Wiley.
- Lopez, & Fachelli. (2015). METHODOLOGY OF QUANTITATIVE SOCIAL RESEARCH (Número 17). <https://doi.org/10.1344/reyd2018.17.13>
- Lotito, F. (2015). Test psicológicos y entrevistas: usos y aplicaciones claves en el proceso de selección e integración de personas a las empresas. *R.A.N.*, 1(2), 89-102. <https://doi.org/10.4236/ce.2018.915190> .
- Lozano, J. (2003). How and where to optimize logistics costs. FC Editorial.
- Maroto, A., Boqué, R., Riu, J., & Rius, X. (1993). *Cálculo de incertidumbre en medidas físicas. Medida de una masa*. 1-7 <https://doi.org/10.18041/2382-3240/saber.2019v14n1.5236>.
- Martínez, V. (2013). Research Paradigms. Multimedia manual for the development of research papers. Multimedia manual for the development of research papers. A vision from the dialectical-critical epistemology, 18-27. http://datateca.unad.edu.co/contenidos/90018/TEORIA_DEL_CONOCIMIENTO/_TEXTOS_UNIDAD_1_/El_conocimiento_cientifico.pdf%0Ahttp://educa.minedu.gob.bo/assets/uploads/files/cont/esfm/esfm132-q6rd.pdf
- Martínez, Y., Oquendo, H., Caballero, Y., Guerra, L., & Junco, R. (2020). Application of Operations Research in the Distribution of COVID-19- Related Resources. *Retos de la Dirección*, 14(2), 86-105. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2306-91552020000200086&script=sci_arttext&tlng=pt
- Mastache, A., & Davatec, R. (2019). Between meaningful teaching and contextual difficulties. *III Coloquio de Investigación Educativa en Argentina*.
- Medel, Y., Castroz, F., Fornaris, D., Hernández, O., & Plá Hernández, O. (2018). Software educativo sobre plataforma libre para la asignatura Investigación de Operaciones. *Revista Informática Jurídica*, 0(0), 8.
- Men, B. H., & Yin, S. Y. (2018). Application of LINGO in Water Resources Optimization Teaching Based on Integer Programming. *Creative Education*, 9, 2516-2524. <https://doi.org/10.4236/ce.2018.915190>

- Métodos cuantitativos para los negocios*. (2011).
- Nares, M. & Tovato, G. (2012). Tratamiento y resolución de un problema de programación lineal con recursos aleatorios. *Investigación Operativa*, XX(33), 58-71. <https://doi.org/10.5377/elhigo.v10i2.10557>
- Ñaupas, M., Valdivia, R., Palacios, J., & Romero, H. (2018). Metodología de la investigación. En *edicionesdelau.com*.
- Ochoa, N., Zúñiga, L., Méndez, J., & Flores, E. (2021). *Optimization Software in Operational Research Analysis in a Public University*. 11(4), 3061-3079. <https://doi.org/https://doi.org/10.47059/revistageintec.v11i4.2350>
- Paxci, Y. (2017). Entornos virtuales para el aprendizaje de programación lineal en estudiantes de secundaria. En *Tesis*. http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/8783/Yovana_Paxci_Contreras.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Piera, M., Guash, T., Casanovas, J., & Figueras, J. (2013b). How to improve your company's logistics through simulation. En *Ediciones Diaz de Santos*, S-A. <http://www.ebooks7-24.com.bdigital.sena.edu.co/stage.aspx?il=&pg=&ed=>
- Quesada, V. y Vergara, J. (2015). *Programación lineal y entera , programación por metas , programación dinámica , teoría y sistemas de inventario , pronósticos , planeación agregada , PERT- teoría y simulación de colas , proceso de Markov QUESADA IBARGUEN : Ingeniero*. Universidad de Cartagena.
- Quintas, I., Baca, G., & Sánchez, I. (2020). *La Enseñanza de Investigación de Operaciones a través de Estudio de Caso : manejo de basura en la ciudad de Mexico*. 1-16. https://www.adeepra.org.ar/congresos/CongresoIBEROAMERICANO/TICEDUCACION/R0353_Quintas.pdf
- Ramos, L. (2012). Use of the Solver in Excel. Institut National de la Recherche Scientifique.
- Render, B., Stair, R., & Hanna, M. (2012). *Métodos cuantitativos para los negocios*. Cengage Learning Editores.
- Rito, J. (2015). *Investigación de operaciones*. Universidad de Managua.
- Rodríguez, D., Castro, D., & Meneses, J. (2018). Problematic uses of ICT among young people in their personal and school life. *Comunicar: Revista científica iberoamericana de comunicación y educación*, 56, 91-100. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.15366/tp2018.31.015> .

- Rodríguez, M. (2018). The incorporation of information and communication technologies in universities: Experiences and practices. *Pedagogical trends*, 31, 275-288. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.15366/tp2018.31.015>
- Rojas, M. J., Silva, A. M., & Correa, L. (2014). Tecnologías de la información y la comunicación en la educación: Tendencias investigativas. *Revista Academia y Virtualidad*, 7(2), 27-40. <https://doi.org/10.24215/18509959.27.e9>
- Rosales, P. (2021). PLAN-DEMIA: Planning the production of tons of plastic using linear programming: Use of Excel Solver and Lingo.. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 13(9).
- Sánchez, E., & Rosete, A. (2020). Experiencias en la asignatura Investigación de Operaciones en la carrera de Ingeniería Informática. *Revista Iberoamericana de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología*, 27, 83-88. <https://doi.org/10.24215/18509959.27.e9>
- Serra, D. L. F. (2004). Quantitative Methods for Decision Making. *España: Gestión 2000. España*.
- Shek, I. (2013). El enfoque de gestión de proyectos en las organizaciones dedicadas a proyectos de investigación. Caso: Grupo de Investigación GIRH. *Casos empresariales*, 150-161. <https://doi.org/10.15308/sintez-2016-257-264>
- Sousa, E. (2014). *Avaliação de um software para o ensino de pesquisa operacional: Um estudo de caso*. Pontificia Universidade Católica de Goiás.
- Taha, H. (2012). *Investigación de operaciones*. Pearson Educación.
- Taha, H. A. (2012). *Investigación de Operaciones* (9° edition). PEARSON.
- Terry, G. (2010). *Principios de la administración*. Cecsa.
- Ureta, L., & Rossetti, G. (2020). Las TAC en la construcción de conocimiento disciplinar: Una experiencia de aprendizaje con estudiantes universitarios. *Revista Iberoamericana de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología*, 26, 100-109. <https://doi.org/10.24215/18509959.26.e11>
- Vallejos, Y., Ávila, J., & Mariño, S. (2017). Queuing theory. Proposal of a didactic simulator. *Revista Publicando*, 4(13), 5-20. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2018.01.11>.
- Vega, F. (2021). Algebraic Polynomial Sum Solver Over $\{0, 1\}$. *Preprints 2019, February*, 1-7. <https://doi.org/10.20944/preprints201908.0037.v6>
- Vermorel, J. (2015). *Control de inventario: Definición e ideas claves Lokad*.

Quantitative Supply Chain.

Winston, W. (2005). Operations research. Applications and algorithms. Thompson.

Yamira, I., Viltres, M., Enrique, F., Dieguez, C., & Montero, D. F. (2018). *Software educativo sobre plataforma libre para la asignatura Investigación de Operaciones.*

ANEXOS

ANEXO A: Matriz de operacionalización

Variable: Análisis de Investigación operativa

DIMENSIÓN	INDICADORES	CRITERIOS DE EVALUACIÓN O PREGUNTA FORMULADA	Nº de ítems	Escala/Rangos	Técnica
Programación Lineal	Identifica variables de decisión	1. Se identifica las variables de decisión asignándole un nombre simbólico, son la razón de ser de la empresa	5	Escala de medición: Correcta=1 Incorrecta=0	Test de conocimiento
	Determina la función objetivo.	2. Se expresa el objetivo de la organización global en forma matemática usando las variables de decisión			
	Formula las restricciones	3. Expresa de manera matemática las limitantes que las variables de decisión deben satisfacer			
	Formulación del modelo matemático	4. Convierte la descripción cualitativa de un problema de la vida real a forma matemática			
	Análisis de Indicadores	5. Interpreta el logro de los objetivos			
Colas de espera	Caracterizar el sistema de colas	6. Identificar los componentes del sistema: población, proceso de llegada, proceso de colas, proceso de servicio, proceso de salida.	5	Rangos: Inicio (0-6 puntos) Proceso (10-13 puntos)	
	Evaluar sistema de colas	7. Determina el sistema adecuado de acuerdo a características del problema: tiempo entre llegadas, tiempos de servicios, estaciones a canales en el sistema			
	Cálculo de medidas de rendimiento	8. Calcula el número promedio de de clientes que se encuentran esperando en la cola para ser atendidos 9. Calcula el tiempo promedio que un cliente que llega tenga que esperar en ser atendido 10. Evalúa ahorros netos a proponer mejoras			
	Desarrollar la red del proyecto	11. Identifica las actividades del proyecto y elabora el diagrama de red que registra las relaciones de precedencia de actividades			
Administración de Proyectos	Identificar las tareas críticas	12. Calcula tiempos de inicio y termino de actividades más temprano y más lejano e identifica las tareas críticas	5	Logro (14-20 puntos)	
	Cálculo de tiempos de duración del proyecto	13. Calcula el tiempo de terminación del proyecto 14. Analiza actividades con holgura de tiempos 15. Analiza actividades que pueden acortarse y calcula los costos de compresión			
	Análisis de dispersión .	16. Grafica la lluvia de puntos para analizar la tendencia			
Pronósticos	Escoger el modelo matemático adecuado de tendencia	17. Encuentra la fórmula matemática adecuada para el tratamiento de datos 18. Encuentra indicadores que determinan el modelo matemático correspondiente	5		
	Cálculos de pronósticos	19. Calcula valores futuros de los siguientes periodos 20. Calcula periodos en que llegara a cantidades requeridas			

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO B: Matriz de consistencia

Programa “Invessoft” en el análisis de investigación operativa en estudiantes de ingeniería industrial de una universidad pública, Lima 2021

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables e indicadores			
Problema General ¿Cuál es la influencia del programa Invessoft en el análisis de Investigación Operativa en estudiantes de Ingeniería Industrial de una universidad pública, Lima 2021?	Objetivo General Determinar la influencia del programa Invessoft en el análisis de Investigación Operativa en estudiantes de Ingeniería Industrial de una universidad pública, Lima 2021	Hipótesis General El programa Invessoft influye en el análisis de investigación operativa en estudiantes de Ingeniería Industrial de una universidad pública, Lima 2021	Variable Independiente: PROGRAMA INVESSTOFT			
			Software	Sesiones		
			POM-QM Solver Lingo	1. Programación Lineal: formulación y solución manual 2. Programación Lineal: formulación y solución manual 3. Programación Lineal: formulación y solución POM-QM 4. Programación Lineal: formulación y solución con solver 5. Programación Lineal: formulación y solución con Lingo 6. Colas de espera con POM-QM 7. Colas de espera con Solver 8. Colas de espera con lingo 9. Administración de proyectos método tradicional 10. Administración de proyectos utilizando Solver 11. Administración de proyectos POM-QM 12. Pronósticos con Solver		
			Variable Dependiente: ANÁLISIS DE INVESTIGACIÓN OPERATIVA			
Problemas específicos ¿Cuál es la influencia del programa Invessoft en el análisis de programación lineal en estudiantes de Ingeniería Industrial de una universidad pública, Lima 2021?	Objetivos específicos Determinar la influencia del programa Invessoft en el análisis de programación lineal en estudiantes de Ingeniería Industrial de una universidad pública, Lima 2021	Hipótesis específicas El programa Invessoft influye en el análisis de programación lineal en estudiantes de Ingeniería Industrial de una universidad pública, Lima 2021	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición	Rangos
¿Cuál es la influencia del programa Invessoft en el análisis de colas de espera en estudiantes de Ingeniería Industrial de una universidad pública, Lima 2021?	Determinar la influencia del programa Invessoft en el análisis de colas de espera en estudiantes de Ingeniería Industrial de una universidad pública, Lima 2021	El programa Invessoft influye en el análisis de colas de espera lineal en estudiantes de Ingeniería Industrial de una universidad pública, Lima 2021	Programación Lineal	Identifica variables de decisión Determinar función objetivo Formula restricciones Formulación del modelo matemático	Dicotómica Correcto (1) Incorrecto (0)	Rangos: Inicio(0-06 puntos)
¿Cuál es la influencia del programa Invessoft en el análisis de administración de proyectos en estudiantes de Ingeniería Industrial de una universidad pública, Lima 2021?	Determinar la influencia del programa Invessoft en el análisis de administración de proyectos en estudiantes de Ingeniería Industrial de una universidad pública, Lima 2021	El programa Invessoft influye en el análisis de administración de proyectos en estudiantes de Ingeniería Industrial de una universidad pública, Lima 2021	Colas de espera	Análisis de indicadores Caracterizar el sistema de colas Evaluar sistema de colas Cálculo de medidas de rendimiento	Dicotómica Correcto (1) Incorrecto (0)	Proceso(07-13 puntos)
¿Cuál es la influencia del programa Invessoft en el análisis de pronósticos en	Determinar la influencia del programa Invessoft en el análisis de pronósticos en estudiantes de	El programa Invessoft influye en el análisis de pronósticos en estudiantes de Ingeniería Industrial de una universidad pública, Lima 2021				

estudiantes de Ingeniería Industrial de una universidad pública, Lima 2021?	Ingeniería Industrial de una universidad pública, Lima 2021	El programa Inversoft influye en el análisis de pronósticos en estudiantes de Ingeniería Industrial de una universidad pública, Lima 2021	Administración de proyectos	Desarrollar la red del proyecto Identificar las tareas críticas Cálculo de tiempos de duración del proyecto	Dicotómica Correcto (1) Incorrecto (0)	Logro(14-20 puntos)
			Pronósticos	Análisis de dispersión Determinar modelos matemáticos de tendencia Cálculo de pronósticos	Dicotómica Correcto (1) Incorrecto (0)	
TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	POBLACIÓN Y MUESTRA	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS	ESTADÍSTICA A UTILIZAR			
<p>TIPO: Aplicada, Bernal (2010) porque se basa en la aplicación de un programa de manera ordenada y sistémica en el análisis de investigación operativa</p> <p>DISEÑO: Experimental: porque consiste en manipular intencionalmente la variable independiente de un modelo para observar y medir sus efectos en la variable dependiente (Ñaupas et al., 2018)</p> <p>Clase preexperimental: porque se hizo una sola medición, luego de la aplicación de un estímulo (Ñaupas et al., 2018) . El diseño de investigación fue:</p> <p>GE - X O₁ GC - - O₂</p> <p>MÉTODO: Método hipotético-deductivo, porque se basa en procedimiento que extrae conclusiones a partir de hipótesis(Bernal, 2010)</p>	<p>Población: Estudiantes de la Facultad de Ingeniería Industrial de una universidad pública de Lima, 2020.</p> <p>Tamaño de muestra: Estuvo conformada por 80 estudiantes matriculados en el Curso de Investigación Operativa de la Facultad de Ingeniería Industrial de una universidad pública en el ciclo 2020-II, distribuido en grupo experimental (GE = 40 y grupo control (GC = 40)</p> <p>Tipo de muestreo: No probabilístico, por conveniencia, porque no se escogieron las aulas y a criterio de la investigadora se designaron los grupos GE y GC al grupo A y el GC al grupo B</p>	<p>Variable independiente: Programa Inversoft Esta variable se manipula para observar la influencia con respecto a la variable dependiente. VARIABLE DEPENDIENTE: Análisis de investigación operativa Técnica: Prueba de rendimiento</p> <p>Instrumento: Rúbrica de evaluación Autor: El investigador Año: 2020 Monitoreo: Observación del análisis Ámbito de Aplicación: Mediante la herramienta del meet y formulario Google en estudiantes de una Universidad Pública. Forma de Administración: Individual sincrónica</p>	<p>Descriptiva: Se utilizará el software Microsoft Excel para la elaboración de tablas y figuras estadística en la presentación de los resultados por dimensiones</p> <p>Inferencial: Para efectos de la utilización del estadístico para la prueba de hipótesis, se aplicó una prueba de normalidad, que por comprender 40 elementos en la muestra se utilizó la prueba de Kolmogorov Smirnov,.se afirma que todos los conjuntos de datos no tienen una distribución normal; y para efecto del estudio, se utilizó un estadístico no paramétrico para la contratación de las hipótesis, como le prueba U de Mann-Whitney.</p>			

ANEXO C: Matriz de especificaciones

Dimensión	Indicadores	% ae	Criterios de evaluación o pregunta formulada	Contenido a desarrollar o aprendizaje esperado	Cantidad de preguntas	Puntaje de la pregunta	Tipo de pregunta/ cerrada/abierta	N° de la pregunta en la prueba
Programación Lineal	Identifica variables de decisión	5%	Se identifica las variables de decisión asignándole un nombre simbólico, son la razón de ser de la empresa	Da un nombre simbólico a las variables	1	1	Cerrada	1
	Determina la función objetivo.	5%	Se expresa el objetivo de la organización global en forma matemática usando las variables de decisión	Expresa las cantidades individuales de manera matemática usando variables	1	1	Cerrada	2
	Formula las restricciones	5%	Expresa de manera matemática las limitantes que las variables de decisión deben satisfacer	Expresa los recursos limitantes mediante inecuaciones Formula el modelo	1	1	Cerrada	3
	Formulación del modelo matemático	5%	Convierte la descripción cualitativa de un problema de la vida real a forma matemática	Formula el modelo	1	1	Cerrada	4
	Análisis de Indicadores	5%	Interpreta el logro de los objetivos	Evalúa, analiza reportes de salida	1	1	Cerrada	5
Colas de espera	Caracterizar el sistema de colas	5%	Identificar los componentes del sistema: población, proceso de llegada, proceso de colas, disciplina de colas, proceso de servicio, proceso de salida.	Definir la población clientes Evaluar el proceso de llegada Evaluar el proceso de servicio	1	1	Cerrada	6
	Evaluar sistema de colas	5%	Determina el sistema adecuado de acuerdo a características del problema: tiempo entre llegadas, tiempos de servicios, estaciones a canales en el sistema	Determinar la distribución estadística de las llegadas y salidas de los clientes	1	1	Cerrada	7
	Calculo de medidas de rendimiento	5%	Calcula el numero promedio de de clientes que se encuentran esperando en la cola para ser atendidos	Numero promedio de llegadas al sistema Tiempo promedio de espera	1	1	Cerrada	8
		5%	Calcula el tiempo promedio que un cliente que llega tenga que esperar en ser atendido	Tiempo promedio de servicio Tiempo promedio en la cola	1	1	Cerrada	9

		5%	Evalúa ahorros netos a proponer mejoras	Evaluar, analizar los reportes de salida	1	1	Cerrada	10
Administración de Proyectos	Desarrollar la red del proyecto	5%	Identifica las actividades del proyecto y elabora el diagrama de red que registra las relaciones de precedencia de actividades	Identificación de actividades Estimar los tiempos de las actividades y sus precedencias	1	1	Cerrada	11
	Identificar las tareas críticas	5%	Determinar la ruta critica Calcular las probabilidades de cambios de fecha	Trazar la red de proyectos Calcular los tiempos de inicio y terminación más temprano y más tardío	1	1	Cerrada	12
	Cálculo de tiempos de duración del proyecto	5%	Calcula el tiempo de terminación del proyecto . Analiza actividades con holgura de tiempos Analiza actividades que pueden acortarse y calcula los costos de compresión	Determinar la ruta critica Calcular las probabilidades de cambios de fecha	1	1	Cerrada	13
					1	1	Cerrada	14
					1	1	Cerrada	15
Pronósticos	Análisis de dispersión .	5%	Grafica la lluvia de puntos para analizar la tendencia	Graficar con Lluvia de puntos el comportamiento de lo datos	1	1	Cerrada	16
	Escoger el modelo matemático adecuado de tendencia	5%	Encuentra la fórmula matemática adecuada para el tratamiento de datos . Encuentra indicadores que determinan el modelo matemático correspondiente	Probar con los diferentes modelos matemáticos y escoger el adecuado .	1	1	Cerrada	17
					1	1	Cerrada	18
	Cálculos de pronósticos	5%	Calcula valores futuros de los siguientes periodos Calcula periodos en que llegara a cantidades requeridas	Estimar cantidades en periodos futuros Calcular los intervalos de control	1 1	1 1	Cerrada Cerrada	19 20

ANEXO D: Instrumento

Examen: INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES

DOCENTE: OCHOA SOTOMAYOR NANCY ALEJANDRA

ESCUELA: INGENIERÍA INDUSTRIAL

FECHA:

SEMESTRE

TIEMPO: 150 MINUTOS

PROGRAMACIÓN LINEAL

Una mueblería elabora tres productos: mesas, sofás y sillas. Estos productos son procesados en cinco departamentos: el de serrado de madera, el de corte de tela, el de lijado, el de entintado y el de montaje. Las mesas y las sillas sólo llevan madera, y los sofás llevan madera y tela. Se requiere mucho pegamento e hilo y éstos representan un costo relativamente insignificante que queda incluido en el gasto de operaciones. Los requerimientos específicos de cada producto son los siguientes:



Recurso o actividad (cantidad disponible por mes)	Requerimiento por mesa	Requerimiento por sofá	Requerimiento por silla
Tela (2 500 metros)	10 u.m./pie = 100 u.m./ Ninguno	10 u.m./pie = 75 u.m. 10 metros a 17.50 u.m./metro = 175u.m.	10 u.m./pie =40 u.m. Ninguna
Serrar la madera (280 horas)	30 minutos	24 minutos	30 minutos
Cortar la tela (140 horas)	Ninguno	24 minutos	Ninguno
Lijar (280 horas)	30 minutos	6 minutos	30 minutos
Entintar (140 horas)	24 minutos	12 minutos	24 minutos
Montar (700 horas)	60 minutos	90 minutos	30 minutos

Los gastos de trabajo directo de la compañía suman 75 000 u.m. por mes por concepto de las 1 540 horas de trabajo, a 48.70 u.m. por hora. Basándose en la demanda actual, la empresa puede vender 300 mesas 180 sofás y 400 sillas por mes. Los precios de venta son 400 dólares para las mesas, 750 dólares para los sofás y 240 dólares para las sillas. Suponga que el costo de mano de obra es fijo y que, durante el próximo mes, la empresa no proyecta contratar ni despedir a empleados.

1.-Las variables de decisión son:

- a) Mesas, sofás y sillas b) Madera, tela, lija c) Pegamento, tela, hilo d) Horas hombre, costos e) N.A.

2.-La funcion objetivo es:

- a) $\text{Max } Z = 300X_1 + 500X_2 + 200X_3 - 75\,000$ b) $\text{Min } Z = 300X_1 + 500X_2 + 200X_3 - 75\,000$
c) $\text{Max } Z = 500X_1 + 200X_2 + 100X_3 - 75\,000$ d) $\text{Min } Z = 300X_1 + 500X_2 + 200X_3$ N.A.
e) N.A

3.- Son restricciones o limitantes:

- a) Horas de trabajo en aserradero b) Horas de trabajo en corte y montaje c) Madera, tela, lija
d) Horas de trabajo en : aserradero, corte, tinte, lijado y montaje e) N.A.

4.- La formulación del modelo

- a) Utilidad = $300X_1 + 500X_2 + 200X_3$

ssr:

Madera: $10X_1 + 7.5X_2 + 4X_3 < 4\,350$
Tela: $10X_2 < 2\,500$
Serrado: $0.5X_1 + 0.4X_2 + 0.5X_3 < 280$
Cortado: $0.4X_2 < 140$
Lijado: $0.5X_1 + 0.1X_2 + 0.5X_3 < 280$
Entintado: $0.4X_1 + 0.2X_2 + 0.4X_3 < 140$
Montaje: $1X_1 + 1.5X_2 + 0.5X_3 < 700$
Demanda:
Mesas: $X_1 < 300$
Sofás: $X_2 < 180$
Sillas: $X_3 < 400$

b) $\text{Max } Z = 300X_1 + 500X_2 + 200X_3 - 75000$

ssr:

Madera: $10X_1 + 7.5X_2 + 4X_3 < 4\,350$
Tela: $10X_2 < 2\,500$
Serrado: $0.5X_1 + 0.4X_2 + 0.5X_3 < 280$
Cortado: $0.4X_2 < 140$
Lijado: $0.5X_1 + 0.1X_2 + 0.5X_3 < 280$
Entintado: $0.4X_1 + 0.2X_2 + 0.4X_3 < 140$
Montaje: $1X_1 + 1.5X_2 + 0.5X_3 < 700$
Demanda:
Mesas: $X_1 < 300$
Sofás: $X_2 < 180$
Sillas: $X_3 < 400$

b) $\text{Max } Z = 300X_1 + 500X_2 + 200X_3 - 75000$

ssr:

Madera: $10X_1 + 7.5X_2 + 4X_3 < 4\,350$
Tela: $10X_2 < 2\,500$
Serrado: $0.5X_1 + 0.4X_2 + 0.5X_3 < 280$
Cortado: $0.4X_2 < 140$
Lijado: $0.5X_1 + 0.1X_2 + 0.5X_3 < 280$
Entintado: $0.4X_1 + 0.2X_2 + 0.4X_3 < 140$
Montaje: $1X_1 + 1.5X_2 + 0.5X_3 < 700$
Demanda:
Mesas: $X_1 < 300$
Sofás: $X_2 < 180$
Sillas: $X_3 < 400$

c) $\text{Max } Z = 300X_1 + 500X_2 + 200X_3 - 75000$

ssr:

Madera: $10X_1 + 7.5X_2 + 4X_3 < 4\,350$
Tela: $10X_2 < 2\,500$
Serrado: $0.5X_1 + 0.4X_2 + 0.5X_3 < 280$
Cortado: $0.4X_2 < 140$
Lijado: $0.5X_1 + 0.1X_2 + 0.5X_3 < 280$
Entintado: $0.4X_1 + 0.2X_2 + 0.4X_3 < 140$
Montaje: $1X_1 + 1.5X_2 + 0.5X_3 < 700$
Demanda:
Mesas: $X_1 < 300$
Sofás: $X_2 < 180$
Sillas: $X_3 < 400$

$$X_1, X_2, X_3 \geq 0, \text{ entero}$$

d) $\text{Max } Z = 300X_1 + 500X_2 + 200X_3 - 75000$

ssr:

Madera: $10X_1 + 7.5X_2 + 4X_3 < 4\,350$
Tela: $10X_2 < 2\,500$
Serrado: $0.5X_1 + 0.4X_2 + 0.5X_3 < 280$
Cortado: $0.4X_2 < 140$
Lijado: $0.5X_1 + 0.1X_2 + 0.5X_3 < 280$
Entintado: $0.4X_1 + 0.2X_2 + 0.4X_3 < 140$
Montaje: $1X_1 + 1.5X_2 + 0.5X_3 < 700$

Demanda:

Mesas: $X_1 < 300$

Sofás: $X_2 < 180$

Sillas: $X_3 < 400$

$X_1, X_2, X_3 \geq 0$, entero

e) N.A

5.- Interprete los resultados:

- a) Se producen 260 mesa, 180 sofás y 0 sillas. La utilidad es 93,000 um
- b) Se producen 200 mesa, 120 sofás y 100mesas. La utilidad es 110,000 um
- c) Se producen 260 mesa, 180 sofás y 50 mesas. La utilidad es 50,000 um
- d) Se producen 300 mesa, 180 sofás y 50 mesas. La utilidad es 100,000 um
- e) N.A.

Celda objetivo (Máx)

CELDA	NOMBRE	VALOR ORIGINAL	VALOR FINAL
\$E\$4	Total utilidad	-\$75 000	\$93 000

Celdas ajustables

CELDA	NOMBRE	VALOR ORIGINAL	VALOR FINAL
\$B\$3	Celdas cambiantes mesas	0	260
\$C\$3	Celdas cambiantes sofás	0	180
\$D\$3	Celdas cambiantes sillas	0	0

COLAS DE ESPERA

La empresa SERLIMUTSAC es una empresa de limpieza que se encarga de recolectar y compactar latas de aluminio y botellas de plástico en la ciudad de Lima. Los choferes de camiones descargan estos materiales para reciclar, esperan en promedio 15 minutos antes de vaciar sus cargas. El costo por hora del chofer mientras esta en la cola se estima en S/. 60 por hora. Se puede comprar un nuevo compactador automático que procesaría las cargas a de los camiones a una tasa de constante de 12 vehículos por hora. Los camiones llegan de acuerdo a una distribución de poisson a una tasa promedio de 8 por hora. Si se utiliza el nuevo compactador, su costo se amortizaría a una tasa de S/. 3 por camión descargado.

Tasa de arribo	Tasa de servicio	Costo actual de viaje	Costo de nuevo compactador
8	12	5	0.3



6.- Las características del sistema son:

- a) Población infinita, proceso e llegada de clientes determinístico, proceso de colas peps
- b) Población finita, proceso e llegada de clientes probabilístico, proceso de colas peps
- c) Población infinita, proceso e llegada de clientes determinístico, proceso de colas veps
- d) Población finita, proceso e llegada de clientes determinístico, proceso de colas veps
- e) N.A

7.- El modelo de colas es:

- a) M/M/1 b) D/M/G c) D/M/G d) M/M/G e) M/G/2

8.- La longitud promedio de la cola es:

- a.- 10 camiones/ hora. b).- 15 camiones/hora c).-25 camiones/hora d).- 8 camiones/hora e) N.A

9.- Calcule el tiempo de espera promedio en la cola:

- a) 25 min b) 48 min c) 20 min d) 30 min e) N.A

10.-El ahorro neto que se obtiene con el nuevo compactador

- a) S/. 3.00/viaje b) S/. 5.00/viaje c) S/. 7.00/viaje d) S/. 10.00/viaje e) N.A

ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS

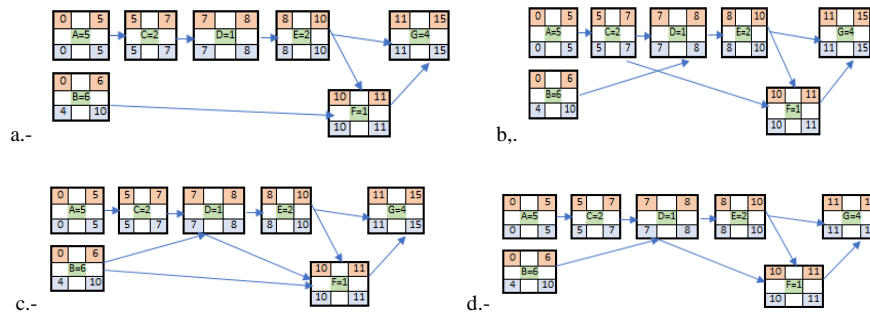
La compañía “Mía SAC” va a lanzar un nuevo producto al mercado peruano en el mes de Agosto del presente año. El gerente comercial Nicolás Hernández le ha indicado a Ud. que para el lanzamiento del nuevo producto se necesita realizar un pequeño proyecto, cuyas actividades están establecidas en la tabla.

ACTIVIDADES	Predecesora(s)	Duración (días)
A: Pronosticar volumen de ventas	-	5
B: Estudiar el mercado competitivo	-	6
C: Diseñar artículo e instalaciones	A	2
D: Preparar el programa de producción	C	1
E: Estimar el costo de la producción	D	2
F: Fijar precio de venta	B, E	1
G: Preparar presupuesto	E, F	4



El gerente comercial le ha preguntado cuánto tiempo le tomará realizar todas estas actividades. Para lo cual Ud. deberá:

11.-La red del proyecto es:



e.- N.A

12.- Son actividades de la ruta critica:

- a) A,B,C,D b) A, B,D,E,F,G c) BCDEF d) A,C,D,E,G e) N.A

13.-¿En cuántos días se lanzará el producto al mercado?

- a) 15 días b) 11 días c) 9 días d) 10 días e) N.A

14.- ¿Qué actividades tienen tiempo de holgura?

- a) A y B b) C d) B y C d) Todas las actividades e) N.A

15.- ¿Cuánto tiempo pueden retrasarse las actividades no críticas, antes que se incurra en un retraso de terminación general del proyecto?

- a) 10 días b) 5 días c) 3 días d) 1 día e) N.A

PRONÓSTICOS

Se tiene la siguiente información de venta de autos de los últimos 6 meses

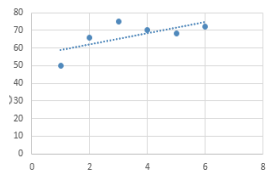
MES	VOLUMEN DE VENTAS UN
1	50
2	66
3	75

4	70
5	68
6	72

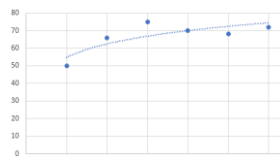


16.- Realice el análisis de dispersión

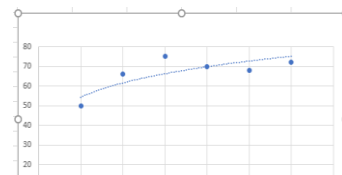
a)



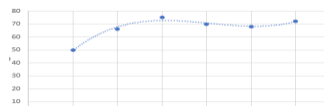
b)



c)



d)



e) N.A

17.- Determine el modelo adecuado de regresión

- a) $y = 3.1714x + 55.733$ b) $y = 55.125e^{0.0527x}$ c) $y = 10.895\ln(x) + 54.887$ d) $y = 54.348x^{0.1811}$ e) N.A

18.- El mejor coeficiente de correlación vale

- a) 0.62 b) 0.49 c) 0.83 d) 0.75 e) N.A

19.- ¿Qué nivel de ventas espera alcanzar el mes 7?

- a) 77 autos b) 85 autos c) 50 autos d) 70 autos e) N.A

20.- ¿En qué mes se tendrá ventas de 100 autos?

- a) 29 mes b) 15 mes c) 45 mes d) 50 mes e) N.A

ANEXO E: Validez de contenido

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE LA VARIABLE “ANÁLISIS DE INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES”

Nº	DIMENSIONES / ítems	Pertinencia ¹		Relevancia ²		Claridad ³		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
	DIMENSIÓN: Programación Lineal							
1	Se identifica las variables de decisión asignándole un nombre simbólico, son la razón de ser de la empresa	x		x		x		
2	Se expresa el objetivo de la organización global en forma matemática usando las variables de decisión	x		x		x		
3	Expresa de manera matemática las limitantes que las variables de decisión deben satisfacer	x		x		x		
4	Convierte la descripción cualitativa de un problema de la vida real a forma matemática	x		x		x		
5	Interpreta el logro de los objetivos	x		x		x		
	DIMENSIÓN Colas de espera	Si	No	Si	No	Si	No	
6	Identificar los componentes del sistema: población, proceso de llegada, proceso de colas, disciplina de colas, proceso de servicio, proceso de salida.	x		x		x		
7	Determina el sistema adecuado de acuerdo a características del problema: tiempo entre llegadas, tiempos de servicios, estaciones a canales en el sistema	x		x		x		
8	Calcula el numero promedio de de clientes que se encuentran esperando en la cola para ser atendidos	x		x		x		
9	Calcula el tiempo promedio que un cliente que llega tenga que esperar en ser atendido	x		x		x		
10	Evalúa ahorros netos a proponer mejoras	x		x		x		
	DIMENSIÓN Administración de Proyectos	Si	No	Si	No	Si	No	
11	Identifica las actividades del proyecto y elabora el diagrama de red que registra las relaciones de precedencia de actividades	x		x		x		
12	Calcula tiempos de inicio y termino de actividades más temprano y más lejano e identifica las tareas críticas	x		x		x		

13	Calcula el tiempo de terminación del proyecto	x		x		x		
14	Analiza actividades con holgura de tiempos	x		x		x		
15	Analiza actividades que pueden acortarse y calcula los costos de compresión	x		x		x		
	DIMENSIÓN Pronósticos	Si	No	Si	No	Si	No	
16	Grafica la lluvia de puntos para analizar la tendencia	x		x		x		
17	Encuentra la fórmula matemática adecuada para el tratamiento de datos	x		x		x		
18	Encuentra indicadores que determinan el modelo matemático correspondiente	x		x		x		
19	Calcula valores futuros de los siguientes periodos	x		x		x		
20	Calcula periodos en que llegara a cantidades requeridas	x		x		x		

Observaciones (precisar si hay suficiencia): SUFICIENTE

Opinión de aplicabilidad: **Aplicable [X]** **Aplicable después de corregir []** **No aplicable []**

Apellidos y nombres del juez validador. Dra. GLADYS MARCIONILA CRUZ YUPANQUI **DNI:** 17949772

Especialidad del validador: INVESTIGADOR - MATEMÁTICA

¹**Pertinencia:** El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

²**Relevancia:** El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

³**Claridad:** Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

12 de ABRIL del 2021



Firma del Experto Informante.

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE LA VARIABLE “ANÁLISIS DE INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES”

Nº	DIMENSIONES / ítems	Pertinencia ¹		Relevancia ²		Claridad ³		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
	DIMENSIÓN: Programación Lineal							
1	Se identifica las variables de decisión asignándole un nombre simbólico, son la razón de ser de la empresa	x		x		x		
2	Se expresa el objetivo de la organización global en forma matemática usando las variables de decisión	x		x		x		
3	Expresa de manera matemática las limitantes que las variables de decisión deben satisfacer	x		x		x		
4	Convierte la descripción cualitativa de un problema de la vida real a forma matemática	x		x		x		
5	Interpreta el logro de los objetivos	x		x		x		
	DIMENSIÓN Colas de espera	Si	No	Si	No	Si	No	
6	Identificar los componentes del sistema: población, proceso de llegada, proceso de colas, disciplina de colas, proceso de servicio, proceso de salida.	x		x		x		
7	Determina el sistema adecuado de acuerdo a características del problema: tiempo entre llegadas, tiempos de servicios, estaciones a canales en el sistema	x		x		x		
8	Calcula el numero promedio de de clientes que se encuentran esperando en la cola para ser atendidos	x		x		x		
9	Calcula el tiempo promedio que un cliente que llega tenga que esperar en ser atendido	x		x		x		
10	Evalúa ahorros netos a proponer mejoras	x		x		x		
	DIMENSIÓN Administración de Proyectos	Si	No	Si	No	Si	No	
11	Identifica las actividades del proyecto y elabora el diagrama de red que registra las relaciones de precedencia de actividades	x		x		x		
12	Calcula tiempos de inicio y termino de actividades más temprano y más lejano e identifica las tareas críticas	x		x		x		
13	Calcula el tiempo de terminación del proyecto	x		x		x		

14	Analiza actividades con holgura de tiempos	x		x		x		
15	Analiza actividades que pueden acortarse y calcula los costos de compresión	x		x		x		
	DIMENSIÓN Pronósticos	Si	No	Si	No	Si	No	
16	Grafica la lluvia de puntos para analizar la tendencia	x		x		x		
17	Encuentra la fórmula matemática adecuada para el tratamiento de datos	x		x		x		
18	Encuentra indicadores que determinan el modelo matemático correspondiente	x		x		x		
19	Calcula valores futuros de los siguientes periodos	x		x		x		
20	Calcula periodos en que llegara a cantidades requeridas	x		x		x		

Observaciones (precisar si hay suficiencia): SUFICIENTE

Opinión de aplicabilidad: **Aplicable [X]** **Aplicable después de corregir []** **No aplicable []**

Apellidos y nombres del juez validador. Dr. JUAN MÉNDEZ VERGARAY **DNI:09200211**

Especialidad del validador: METODÓLOGO

¹**Pertinencia:**El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

²**Relevancia:** El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

³**Claridad:** Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

16 de ABRIL del 2021



Firma del Experto Informante.

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE LA VARIABLE “ANÁLISIS DE INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES”

Nº	DIMENSIONES / ítems	Pertinencia ¹		Relevancia ²		Claridad ³		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
	DIMENSIÓN: Programación Lineal							
1	Se identifica las variables de decisión asignándole un nombre simbólico, son la razón de ser de la empresa	x		x		x		
2	Se expresa el objetivo de la organización global en forma matemática usando las variables de decisión	x		x		x		
3	Expresa de manera matemática las limitantes que las variables de decisión deben satisfacer	x		x		x		
4	Convierte la descripción cualitativa de un problema de la vida real a forma matemática	x		x		x		
5	Interpreta el logro de los objetivos	x		x		x		
	DIMENSIÓN Colas de espera	Si	No	Si	No	Si	No	
6	Identificar los componentes del sistema: población, proceso de llegada, proceso de colas, disciplina de colas, proceso de servicio, proceso de salida.	x		x		x		
7	Determina el sistema adecuado de acuerdo a características del problema: tiempo entre llegadas, tiempos de servicios, estaciones a canales en el sistema	x		x		x		
8	Calcula el numero promedio de de clientes que se encuentran esperando en la cola para ser atendidos	x		x		x		
9	Calcula el tiempo promedio que un cliente que llega tenga que esperar en ser atendido	x		x		x		
10	Evalúa ahorros netos a proponer mejoras	x		x		x		
	DIMENSIÓN Administración de Proyectos	Si	No	Si	No	Si	No	
11	Identifica las actividades del proyecto y elabora el diagrama de red que registra las relaciones de precedencia de actividades	x		x		x		
12	Calcula tiempos de inicio y termino de actividades más temprano y más lejano e identifica las tareas críticas	x		x		x		
13	Calcula el tiempo de terminación del proyecto	x		x		x		
14	Analiza actividades con holgura de tiempos	x		x		x		

15	Analiza actividades que pueden acortarse y calcula los costos de compresión	x		x		x		
	DIMENSIÓN Pronósticos	Si	No	Si	No	Si	No	
16	Grafica la lluvia de puntos para analizar la tendencia	x		x		x		
17	Encuentra la fórmula matemática adecuada para el tratamiento de datos	x		x		x		
18	Encuentra indicadores que determinan el modelo matemático correspondiente	x		x		x		
19	Calcula valores futuros de los siguientes periodos	x		x		x		
20	Calcula periodos en que llegara a cantidades requeridas	x		x		x		

Observaciones (precisar si hay suficiencia): SUFICIENTE

Opinión de aplicabilidad: **Aplicable [X]** **Aplicable después de corregir []** **No aplicable []**

Apellidos y nombres del juez validador. Dr. LUIS ALBERTO NUÑEZ LIRA **DNI:** 68012101

Especialidad del validador: METODÓLOGO

10 de ABRIL del 2021

¹**Pertinencia:**El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

²**Relevancia:** El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

³**Claridad:** Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión



CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE LA VARIABLE “ANÁLISIS DE INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES”

Nº	DIMENSIONES / ítems	Pertinencia ¹		Relevancia ²		Claridad ³		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
	DIMENSIÓN: Programación Lineal							
1	Se identifica las variables de decisión asignándole un nombre simbólico, son la razón de ser de la empresa	x		x		x		
2	Se expresa el objetivo de la organización global en forma matemática usando las variables de decisión	x		x		x		
3	Expresa de manera matemática las limitantes que las variables de decisión deben satisfacer	x		x		x		
4	Convierte la descripción cualitativa de un problema de la vida real a forma matemática	x		x		x		
5	Interpreta el logro de los objetivos	x		x		x		
	DIMENSIÓN Colas de espera	Si	No	Si	No	Si	No	
6	Identificar los componentes del sistema: población, proceso de llegada, proceso de colas, disciplina de colas, proceso de servicio, proceso de salida.	x		x		x		
7	Determina el sistema adecuado de acuerdo a características del problema: tiempo entre llegadas, tiempos de servicios, estaciones a canales en el sistema	x		x		x		
8	Calcula el numero promedio de de clientes que se encuentran esperando en la cola para ser atendidos	x		x		x		
9	Calcula el tiempo promedio que un cliente que llega tenga que esperar en ser atendido	x		x		x		
10	Evalúa ahorros netos a proponer mejoras	x		x		x		
	DIMENSIÓN Administración de Proyectos	Si	No	Si	No	Si	No	
11	Identifica las actividades del proyecto y elabora el diagrama de red que registra las relaciones de precedencia de actividades	x		x		x		
12	Calcula tiempos de inicio y termino de actividades más temprano y más lejano e identifica las tareas críticas	x		x		x		
13	Calcula el tiempo de terminación del proyecto	x		x		x		
14	Analiza actividades con holgura de tiempos	x		x		x		

15	Analiza actividades que pueden acortarse y calcula los costos de compresión	x		x		x		
	DIMENSIÓN Pronósticos	Si	No	Si	No	Si	No	
16	Grafica la lluvia de puntos para analizar la tendencia	x		x		x		
17	Encuentra la fórmula matemática adecuada para el tratamiento de datos	x		x		x		
18	Encuentra indicadores que determinan el modelo matemático correspondiente	x		x		x		
19	Calcula valores futuros de los siguientes periodos	x		x		x		
20	Calcula periodos en que llegara a cantidades requeridas	x		x		x		

Observaciones (precisar si hay suficiencia): SUFICIENTE

Opinión de aplicabilidad: **Aplicable [X]** **Aplicable después de corregir []** **No aplicable []**

Apellidos y nombres del juez validador. Dr. LUIS HUMBERTO MANRIQUE SUAREZ **DNI:** 15651129

Especialidad del validador: INVESTIGADOR-SISTEMAS

¹**Pertinencia:**El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

²**Relevancia:** El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

³**Claridad:** Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

9 de ABRIL del 2021



Firma del Experto Informante.

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE LA VARIABLE “ANÁLISIS DE INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES”

Nº	DIMENSIONES / Ítems	Pertinencia ¹		Relevancia ²		Claridad ³		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
	DIMENSIÓN: Programación Lineal							
1	Se identifica las variables de decisión asignándole un nombre simbólico, son la razón de ser de la empresa	x		x		x		
2	Se expresa el objetivo de la organización global en forma matemática usando las variables de decisión	x		x		x		
3	Expresa de manera matemática las limitantes que las variables de decisión deben satisfacer	x		x		x		
4	Convierte la descripción cualitativa de un problema de la vida real a forma matemática	x		x		x		
5	Interpreta el logro de los objetivos	x		x		x		
	DIMENSIÓN Colas de espera	Si	No	Si	No	Si	No	
6	Identificar los componentes del sistema: población, proceso de llegada, proceso de colas, disciplina de colas, proceso de servicio, proceso de salida.	x		x		x		
7	Determina el sistema adecuado de acuerdo a características del problema: tiempo entre llegadas, tiempos de servicios, estaciones a canales en el sistema	x		x		x		
8	Calcula el numero promedio de de clientes que se encuentran esperando en la cola para ser atendidos	x		x		x		
9	Calcula el tiempo promedio que un cliente que llega tenga que esperar en ser atendido	x		x		x		
10	Evalúa ahorros netos a proponer mejoras	x		x		x		
	DIMENSIÓN Administración de Proyectos	Si	No	Si	No	Si	No	
11	Identifica las actividades del proyecto y elabora el diagrama de red que registra las relaciones de precedencia de actividades	x		x		x		
12	Calcula tiempos de inicio y termino de actividades más temprano y más lejano e identifica las tareas críticas	x		x		x		
13	Calcula el tiempo de terminación del proyecto	x		x		x		
14	Analiza actividades con holgura de tiempos	x		x		x		

15	Analiza actividades que pueden acortarse y calcula los costos de compresión	x		x		x		
	DIMENSIÓN Pronósticos	Si	No	Si	No	Si	No	
16	Grafica la lluvia de puntos para analizar la tendencia	x		x		x		
17	Encuentra la fórmula matemática adecuada para el tratamiento de datos	x		x		x		
18	Encuentra indicadores que determinan el modelo matemático correspondiente	x		x		x		
19	Calcula valores futuros de los siguientes periodos	x		x		x		
20	Calcula periodos en que llegara a cantidades requeridas	x		x		x		

Observaciones (precisar si hay suficiencia): SUFICIENTE

Opinión de aplicabilidad: **Aplicable [X]** **Aplicable después de corregir []** **No aplicable []**

Apellidos y nombres del juez validador. Dr. OSCAR ADRIAN ZAPILLADO HUANCO **DNI:** 40518967

Especialidad del validador: INVESTIGADOR-MATEMATICA

12 de ABRIL del 2021

¹**Pertinencia:**El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

²**Relevancia:** El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

³**Claridad:** Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

Firma del Experto Informante.

RESUMEN

Validez de contenido del examen de rendimiento análisis de investigación operativa

Para realizar la validez de contenido del cuestionario del examen de rendimiento análisis de investigación operativa, se llevó a cabo mediante método de criterio de jueces, contando con cinco profesionales expertos, con grado de Doctor, los resultados evidenciaron que el instrumento es válido, a través de V de Aiken de 1 lo que nos indica que el cuestionario es confiable, cumpliendo con los criterios de validez en especial en términos de eficacia.

Tabla

Validez de contenido del Cuestionario de análisis de investigación operativa por medio del coeficiente V de Aiken

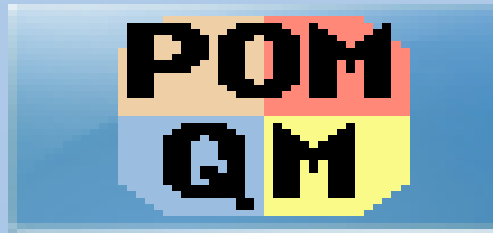
Ítem	Juez 1			Juez 2			Juez 3			Juez 4			Juez 5			Aciertos	V. de Aiken	Suficiente
	P	R	C	P	R	C	P	R	C	P	R	C	P	R	C			
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	15	1.0	Sí
2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	15	1.0	Sí
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	15	1.0	Sí
4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	15	1.0	Sí
5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	15	1.0	Sí
6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	15	1.0	Sí
7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	15	1.0	Sí
8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	15	1.0	Sí
9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	15	1.0	Sí
10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	15	1.0	Sí
11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	15	1.0	Sí
12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	15	1.0	Sí
13	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	15	1.0	Sí
14	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	15	1.0	Si
15	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	15	1.0	Si
16	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	15	1.0	Si
17	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	15	1.0	Si
18	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	15	1.0	Si
19	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	15	1.0	Si
20	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	15	1.0	Si

Nota: No está de acuerdo = 0, sí está de acuerdo = 1; P = Pertinencia, R = Relevancia, C = Claridad

ANEXO F: Confiabilidad

[illegible]

ANEXO H: Programa



PROGRAMA INVESSTOFT

I. TÍTULO: Programa “Invessoft” en el análisis de investigación operativa

II. INFORMACIÓN GENERAL:

- 1.1. CARRERA PROFESIONAL : Ingeniería Industrial
- 1.2. CICLO DE ESTUDIOS : V
- 1.3. MODALIDAD : No presencial (virtual)
- 1.4. DOCENTE : Nancy Alejandra Ochoa Sotomayor
- 1.5. SEMESTRE ACADÉMICO :2020-II

III. JUSTIFICACIÓN

La aplicación del programa Invessoft se sustentó en la necesidad de los estudiantes a conocer modelos de interacción usando diferentes herramientas didácticas, entre ellas softwares de optimización para un aprendizaje más efectivo curso de investigación operativa. La metodología seleccionada fue aplicada a través de 12 sesiones de aprendizaje, donde las actividades desarrolladas se aplicaron de acuerdo al proceso del programa ‘Invessoft’

IV. DESCRIPCIÓN DE LA POBLACIÓN A INTERVENIR

Estudiantes de V ciclo, de la Escuela de Ingeniería Industrial, Facultad de Ingeniería Industrial de una universidad pública.

V. OBJETIVO DEL PROGRAMA

Implementar Programa “Invessoft” en el análisis de investigación operativa

VI. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

N°	Nombre de la sesión	Contenido temático	Fecha
1	Programación lineal	Formulación y solución manual	
2	Programación lineal	Formulación y solución manual	
3	Programación lineal	Formulación y solución POM-QM	
4	Programación lineal	Formulación y solución Solver	
5	Programación lineal	Formulación y solución Lingo	
6	Colas de espera	Solución POM-QM	
7	Colas de espera	Solución Solver	
8	Colas de espera	Solución Lingo	
9	Administración de proyectos	Solución Método tradicional	
10	Administración de proyectos	Solución utilizando Solver	
11	Administración de proyectos	Solución utilizando POM-QM	
12	Pronósticos	Solución utilizando Solver	

VI. METODOLOGÍA

Se basaron en los contenidos de la asignatura, las clases han sido integrales y participativas, el estudiante se acercó a la realidad a través de estudios de casos. Se realizaron a través de grupos, casos reforzamiento y lecturas, en grupos haciendo uso de la tecnología de la información. Teniéndose en cuenta las actitudes en las investigaciones realizadas.

VII. RECURSOS PARA EL APRENDIZAJE

- 7.1 Sistema SUMWEB, plataforma.
- 7.2 Acceso a internet.
- 7.3 PC o laptop.
- 7.4 Lecturas especializadas.
- 7.5 Videos.
- 7.6 Foros

Sesión 1 y 2: Programación Lineal: formulación y solución manual

La empresa “Protection” pertenece al sector de producción, que se dedica a la confección de dos productos que se venden en sus diferentes tiendas de Lima, de gran utilidad para evitar el mayor riesgo a contagiarse con la COVID-19; la empresa confecciona protectores faciales y overoles. En base a un estudio realizado por el Ministerio de Salud del Perú, los inventarios actuales y frente a la demanda exponencial para esta nueva ola de contagios, la empresa “Protection” se ve obligada a aumentar su producción combinada entre protector facial y overol, estos deben sumar un total de 450 unidades como mínimo. Por otra parte, también debe suministrar el pedido de 250 protectores faciales y 136 overoles como mínimo respectivamente, al distrito de Lima con mayor riesgo al contagio; el protector facial demanda 6 minutos de tiempo para su fabricación, mientras que el overol requiere unos 30 minutos para su fabricación; además, para la siguiente semana, se cuenta con 100 horas de tiempo para la fabricación. El objetivo de la empresa “Protection” es lograr la fabricación de estos productos con costos mínimos para suministrar a la población peruana. Los costos de producción son 0.5 dólares del protector facial y 5 dólares del overol.

Paso 1: Se identifican las variables de decisión, se formula la función objetivo, las restricciones y la condición de no negatividad

$$\text{Mín. (Z)} = 0.5x_1 + 5x_2$$

$$x_1 \geq 250$$

$$x_2 \geq 136$$

$$1x_1 + 1x_2 \geq 450$$

$$0.1x_1 + 0.5x_2 \leq 100$$

$$x_1, x_2 \geq 0$$

Variables de decisión

x_1 = número de protectores faciales.

x_2 = número de overoles.

Resolvemos con el método tradicional:

Estandarizamos y agregamos variables de holgura

$$\text{Min } Z = 0.5x_1 + 5x_2 + 0x_3 + 0x_4 + 0x_5 + 0x_6 + 0x_7 + 0x_8 + 0x_9$$

$$1x_1 - 1x_3 + 1x_7 = 250$$

$$0x_1 + 1x_2 - 1x_4 + 1x_8 = 136$$

$$1x_1 + 1x_2 - 1x_5 + 1x_9 = 450$$

$$0.1x_1 + 0.5x_2 + 1x_6 = 100$$

$$x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7, x_8, x_9 \geq 0$$

Tabla 1			0	0	0	0	0	0	-1	-1	-1
Base	Cb	P0	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9
P1	-1	250	1	0	-1	0	0	0	1	0	0
P8	-1	136	0	1	0	-1	0	0	0	1	0
P9	-1	450	1	1	0	0	-1	0	0	0	1
P6	0	100	0.1	0.5	0	0	0	1	0	0	0
Z		-836	-2	-2	1	1	1	0	0	0	0

En la columna P₀ podemos observar las equivalencias de cada restricción y en las columnas P₁ y P₂ se observan los coeficientes de cada restricción. Luego tomamos el primer término de la columna P₁ para usarlo como pivot.

Luego de muchas interacciones llegamos a la tabla final

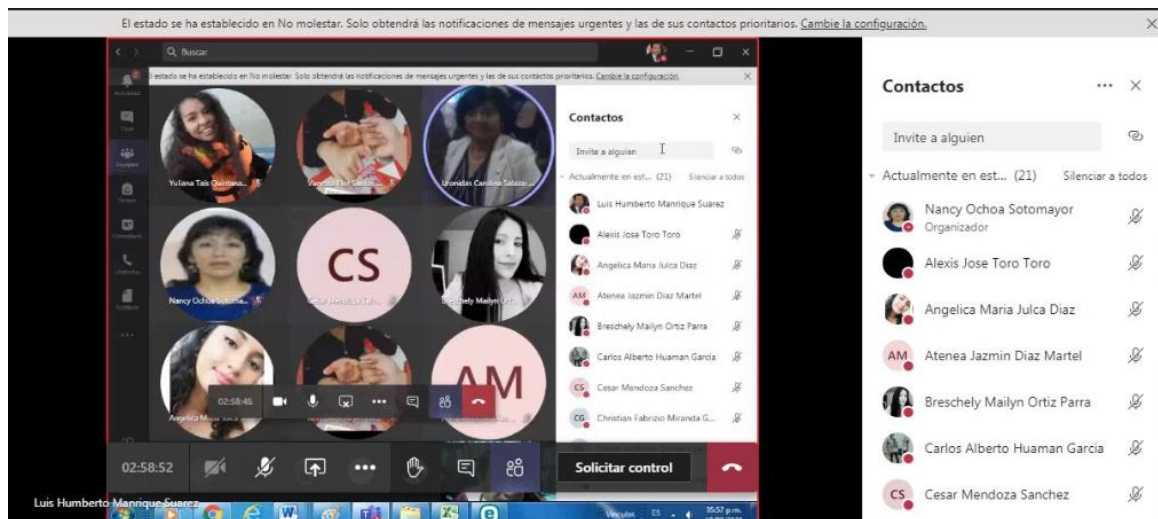
Análisis de la tabla final

Observe la longitud del procedimiento para obtener cada tabla. En este problema solo usamos 2 variables y 4 restricciones, lo cual nos hace ver lo complejo que sería resolverlo de manera manual con un mayor número de variables y restricciones.

Fila pivote (Fila 1): $250 / 1 = 250$ $1 / 1 = 1$ $0 / 1 = 0$ $-1 / 1 = -1$ $0 / 1 = 0$ $0 / 1 = 0$ $0 / 1 = 0$ $1 / 1 = 1$ $0 / 1 = 0$ $0 / 1 = 0$	Fila 2: $136 - (0 * 250) = 136$ $0 - (0 * 1) = 0$ $1 - (0 * 0) = 1$ $0 - (0 * -1) = 0$ $-1 - (0 * 0) = -1$ $0 - (0 * 0) = 0$ $0 - (0 * 0) = 0$ $0 - (0 * 1) = 0$ $1 - (0 * 0) = 1$ $0 - (0 * 0) = 0$	Fila 3: $450 - (1 * 250) = 200$ $1 - (1 * 1) = 0$ $1 - (1 * 0) = 1$ $0 - (1 * -1) = 1$ $0 - (1 * 0) = 0$ $-1 - (1 * 0) = -1$ $0 - (1 * 0) = 0$ $0 - (1 * 1) = -1$ $0 - (1 * 0) = 0$ $1 - (1 * 0) = 1$	Fila 4: $100 - (0.1 * 250) = 75$ $0.1 - (0.1 * 1) = 0$ $0.5 - (0.1 * 0) = 0.5$ $0 - (0.1 * -1) = 0.1$ $0 - (0.1 * 0) = 0$ $0 - (0.1 * 0) = 0$ $1 - (0.1 * 0) = 1$ $0 - (0.1 * 1) = -0.1$ $0 - (0.1 * 0) = 0$ $0 - (0.1 * 0) = 0$
--	---	--	---

Tabla 1			-0.5	-5	0	0	0	0
Base	Cb	P0	P1	P2	P3	P4	P5	P6
P1	-0.5	314	1	0	0	1	-1	0
P2	-5	136	0	1	0	-1	0	0
P3	0	64	0	0	1	1	-1	0
P6	0	0.6	0	0	0	0.4	0.1	1
Z		-837		0	0	4.5	0.5	0

Finalmente llegamos a la última tabla y observamos las respuestas de ambas variables X₁ y X₂, que corresponde a la cantidad de protectores faciales (314) y a de los overoles (136). También, obtenemos la solución óptima que vendría a ser 837



Sesión 3: Programación Lineal: formulación y solución POM-QM



La empresa “Protection” pertenece al sector de producción, que se dedica a la confección de dos productos que se venden en sus diferentes tiendas de Lima, de gran utilidad para evitar el mayor riesgo a contagiarse con la COVID-19; la empresa confecciona protectores faciales y overoles. En base a un estudio realizado por el Ministerio de Salud del Perú, los inventarios actuales y frente a la demanda exponencial para esta nueva ola de contagios, la empresa “Protection” se ve obligada a aumentar su producción combinada entre protector facial y overol, estos deben sumar un total de 450 unidades como mínimo. Por otra parte, también debe suministrar el pedido de 250 protectores faciales y 136 overoles como mínimo respectivamente, al distrito de Lima con mayor riesgo al contagio; el protector facial demanda 6 minutos de tiempo para su fabricación, mientras que el overol requiere unos 30 minutos para su fabricación; además, para la siguiente semana, se cuenta con 100 horas de tiempo para la fabricación. El objetivo de la empresa “Protection” es lograr la fabricación de estos productos con costos mínimos para suministrar a la población peruana. Los costos de producción son 0.5 dólares del protector facial y 5 dólares del overol.

Paso 1: Se identifican las variables de decisión, se formula la función objetivo, las restricciones y la condición de no negatividad

$$\text{Mín. (Z)} = 0.5x_1 + 5x_2$$

$$x_1 \geq 250$$

$$x_2 \geq 136$$

$$1x_1 + 1x_2 \geq 450$$

$$0.1x_1 + 0.5x_2 \leq 100$$

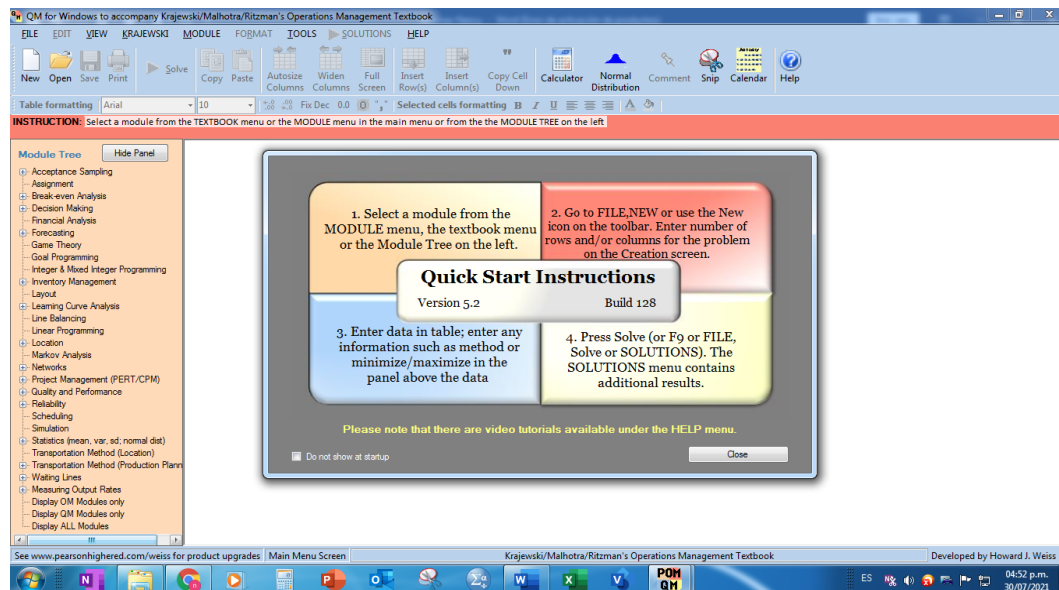
$$x_1, x_2 \geq 0$$

Variables de decisión

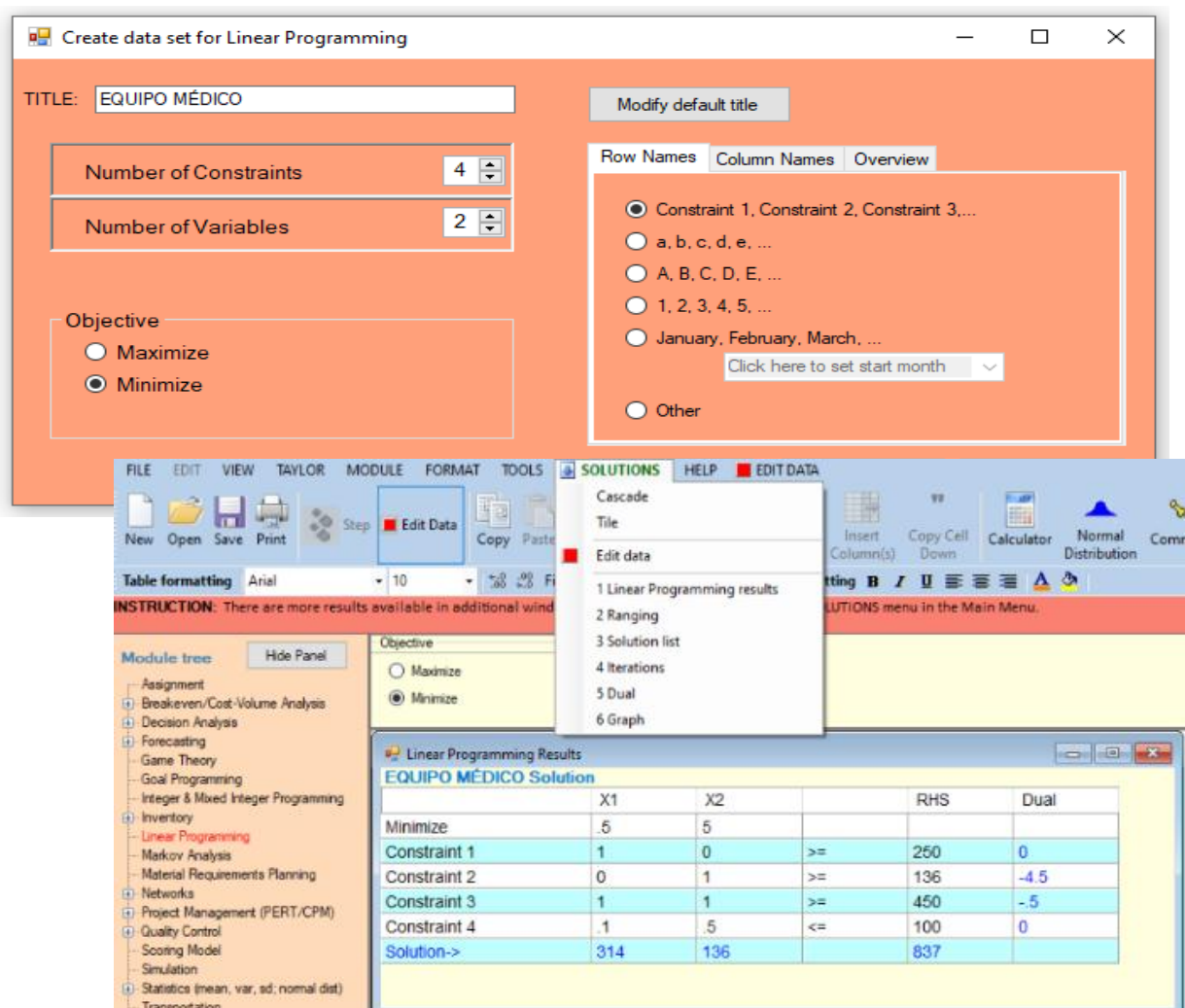
x_1 = número de protectores faciales.

x_2 = número de overoles.

Paso 1 : Abrir el software POM-QM y ubicar el módulo linear programming



Paso 2: Una vez que a seleccionado el módulo Linear programming, ingrese los datos de las variables y restricciones del problema planteado.



Paso 4: Evaluar la solución gráfica

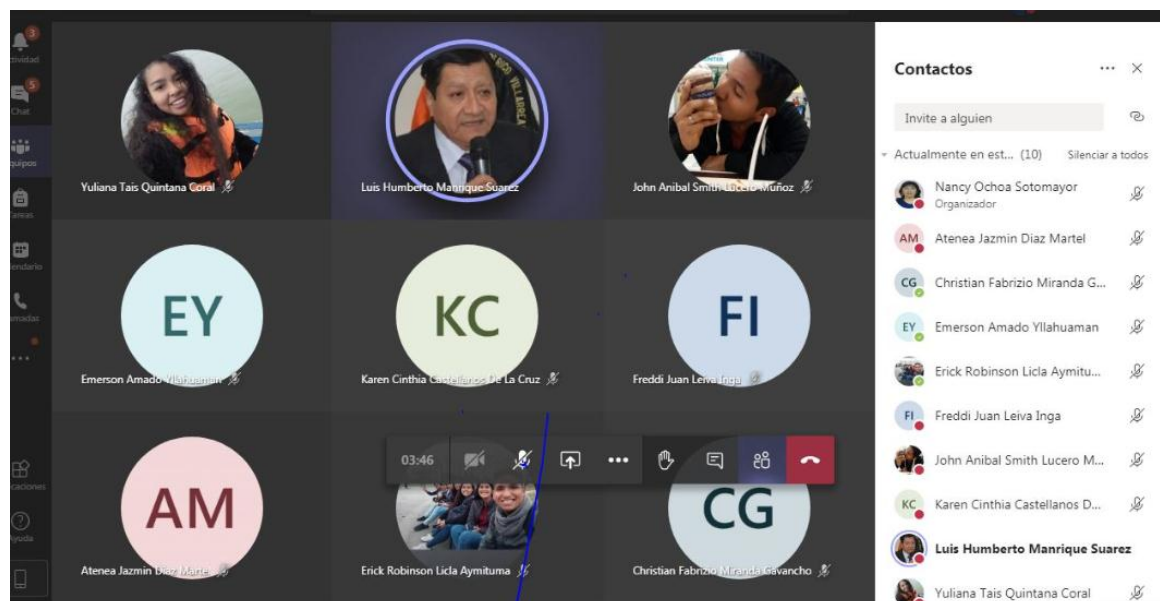


Paso 5 : Interpretar los informes

Con el software POM-QM las respuestas de ambas variables X_1 y X_2 , que corresponde a la cantidad de protectores faciales (314) y a de los overoles (136).

También, obtenemos la solución óptima que vendría a ser 837.

Además se obtienen valores para el análisis sensibilidad



Sesión 4 : Programación Lineal: formulación y solución Solver



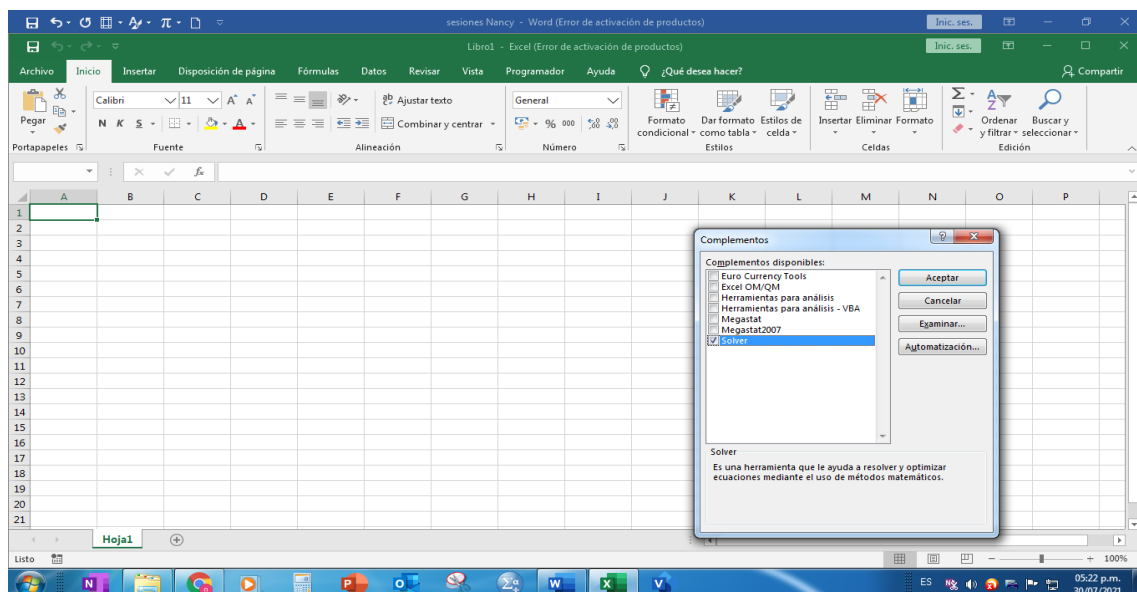
La empresa “Protection” pertenece al sector de producción, que se dedica a la confección de dos productos que se venden en sus diferentes tiendas de Lima, de gran utilidad para evitar el mayor riesgo a contagiarse con la COVID-19; la empresa confecciona protectores faciales y overoles. En base a un estudio realizado por el Ministerio de Salud del Perú, los inventarios actuales y frente a la demanda exponencial para esta nueva ola de contagios, la empresa “Protection” se ve obligada a aumentar su producción combinada entre protector facial y overol, estos deben sumar un total de 450 unidades como mínimo. Por otra parte, también debe suministrar el pedido de 250 protectores faciales y 136 overoles como mínimo respectivamente, al distrito de Lima con mayor riesgo al contagio; el protector facial demanda 6 minutos de tiempo para su fabricación, mientras que el overol requiere unos 30 minutos para su fabricación; además, para la siguiente semana, se cuenta con 100 horas de tiempo para la fabricación. El objetivo de la empresa “Protection” es lograr la fabricación de estos productos con costos mínimos para suministrar a la población peruana. Los costos de producción son 0.5 dólares del protector facial y 5 dólares del overol.

Paso 1: Se identifican las variables de decisión, se formula la función objetivo, las restricciones y la condición de no negatividad

$$\begin{aligned}\text{Mín. (Z)} &= 0.5x_1 + 5x_2 \\ x_1 &\geq 250 \\ x_2 &\geq 136 \\ 1x_1 + 1x_2 &\geq 450 \\ 0.1x_1 + 0.5x_2 &\leq 100 \\ x_1, x_2 &\geq 0\end{aligned}$$

Variables de decisión
 x_1 = número de protectores faciales.
 x_2 = número de overoles.

Paso 1: Activar la función solver en Excel



Empezamos creando nuestra base de datos en Excel, con las fórmulas de cada casillero pintado.

Paso 2: Ingresamos la data y programamos las restricciones

PRODUCTOS	Protectores faciales	Overoles
Cantidad(u)		
Costo de producción(\$/u)	0.5	5
COSTO TOTAL	0	

Restricciones			Requerimiento	Usado	Sobrante
Producción mínima de protectores faciales	1	>=	250	0	-250
Producción Mínima de overoles		>=	136	0	-136
Producción Mínima de ambos productos(u)	1	>=	450	0	-450
Tiempo de producción(hr)	0.1	<=	100	0	100

Paso 3: Utilizando Solver establecemos el objetivo, que en este caso sería el costo que nos tomará fabricar los implementos.

Parámetros de Solver

Establecer objetivo:

Para: ☐ Máx ☒ Mín ☐ Valor de:

Cambiando las celdas de variables:

Sujeto a las restricciones:

\$H\$11:\$H\$13 >= \$G\$11:\$G\$13
\$H\$14 <= \$G\$14

☒ Convertir variables sin restricciones en no negativas

Método de resolución: Simplex LP

Método de resolución
Seleccione el motor GRG Nonlinear para problemas de Solver no lineales suavizados. Seleccione el motor LP Simplex para problemas de Solver lineales, y seleccione el motor Evolutionary para problemas de Solver no suavizados.

Paso 4: Revisar e interpretar los informes de sensibilidad y hoja de respuestas

Celda objetivo (Mín)

Celda	Nombre	Valor original	Valor final
	COSTO TOTAL Protectores		
\$F\$24	faciales y overoles	0	837

El costo total de producción es de \$ 837

Celdas de variables

Celda	Nombre	Final Valor	Reducido Coste	Objetivo Coeficiente	Permisible Aumentar	Permisible Reducir
\$F\$21	Cantidad(u) Protectores faciales	314	0	0.5	4.5	0.2
\$G\$21	Cantidad(u) Overoles	136	0	5.0	3.0	4.5

La producción óptima es de 314 protectores faciales y 136 overoles.

El rango de costos de los protectores faciales puede variar entre: $\$0.5 - \$0.2 = \$0.3$ y $\$0.5 + \$4.5 = \$5.00$, por lo tanto, el rango del coeficiente objetivo protector facial es de $\$0.3$ a $\$5.0$. Igualmente, el rango del costo de los overoles puede variar $\$5 - \$4.5 = \$0.5$ y $\$5 + \$3.0 = \$8.0$. Mientras el coeficiente de la función objetivo este dentro de estos intervalos la producción óptima de protectores faciales y overoles no variará.

Restricciones

Celda	Nombre	Final Valor	Sombra Precio	Restricción Lado derecho	Permisible Aumentar	Permisible Reducir
\$J\$27	Producción mínima de protectores faciales	314	0	250	64	1.00E+30
\$J\$28	Producción mínima de overoles	136	4.5	136	1.5	136
\$J\$29	Producción mínima de ambos productos	450	0.5	450	6	64
\$J\$30	Tiempo de producción	99.4	0	100	1E+30	0.6

Se producen 314 protectores faciales, 64 unidades más de la cantidad mínima.

Se producen 136 overoles, igual que la cantidad mínima requerida hay un aumento permisible de 1.5 y una disminución permisible de 136, entonces se obtiene el intervalo (0,137.5), cuando se trabaja dentro de este intervalo los costos se incrementarán en este monto.

La empresa dispone de 100 horas en el área de producción y utiliza 99.4 horas, le queda disponible 0.6 horas que puede reducirlos para su mejor uso.

Sesión 5: Programación Lineal: formulación y solución

Lingo



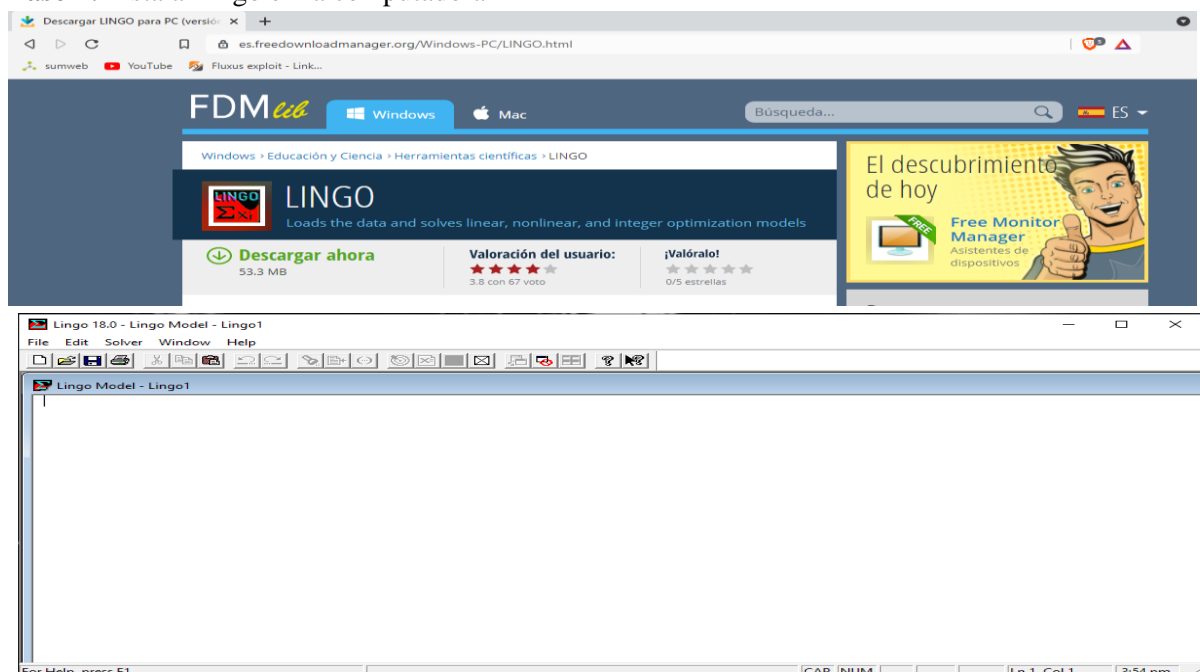
La empresa “Protection” pertenece al sector de producción, que se dedica a la confección de dos productos que se venden en sus diferentes tiendas de Lima, de gran utilidad para evitar el mayor riesgo a contagiarse con la COVID-19; la empresa confecciona protectores faciales y overoles. En base a un estudio realizado por el Ministerio de Salud del Perú, los inventarios actuales y frente a la demanda exponencial para esta nueva ola de contagios, la empresa “Protection” se ve obligada a aumentar su producción combinada entre protector facial y overol, estos deben sumar un total de 450 unidades como mínimo. Por otra parte, también debe suministrar el pedido de 250 protectores faciales y 136 overoles como mínimo respectivamente, al distrito de Lima con mayor riesgo al contagio; el protector facial demanda 6 minutos de tiempo para su fabricación, mientras que el overol requiere unos 30 minutos para su fabricación; además, para la siguiente semana, se cuenta con 100 horas de tiempo para la fabricación. El objetivo de la empresa “Protection” es lograr la fabricación de estos productos con costos mínimos para suministrar a la población peruana. Los costos de producción son 0.5 dólares del protector facial y 5 dólares del overol.

Paso 1: Se identifican las variables de decisión, se formula la función objetivo, las restricciones y la condición de no negatividad

$$\begin{aligned}\text{Mín. (Z)} &= 0.5x_1 + 5x_2 \\ x_1 &\geq 250 \\ x_2 &\geq 136 \\ 1x_1 + 1x_2 &\geq 450 \\ 0.1x_1 + 0.5x_2 &\leq 100 \\ x_1, x_2 &\geq 0\end{aligned}$$

Variables de decisión
 x_1 = número de protectores faciales.
 x_2 = número de overoles.

Paso 2: Instalar lingo en la computadora



Paso 4: Abrir Lingo e insertar la función objetivo a minimizar y las respectivas restricciones

Lingo Model - Lingo1

File Edit Solver Window Help

Model Setup:

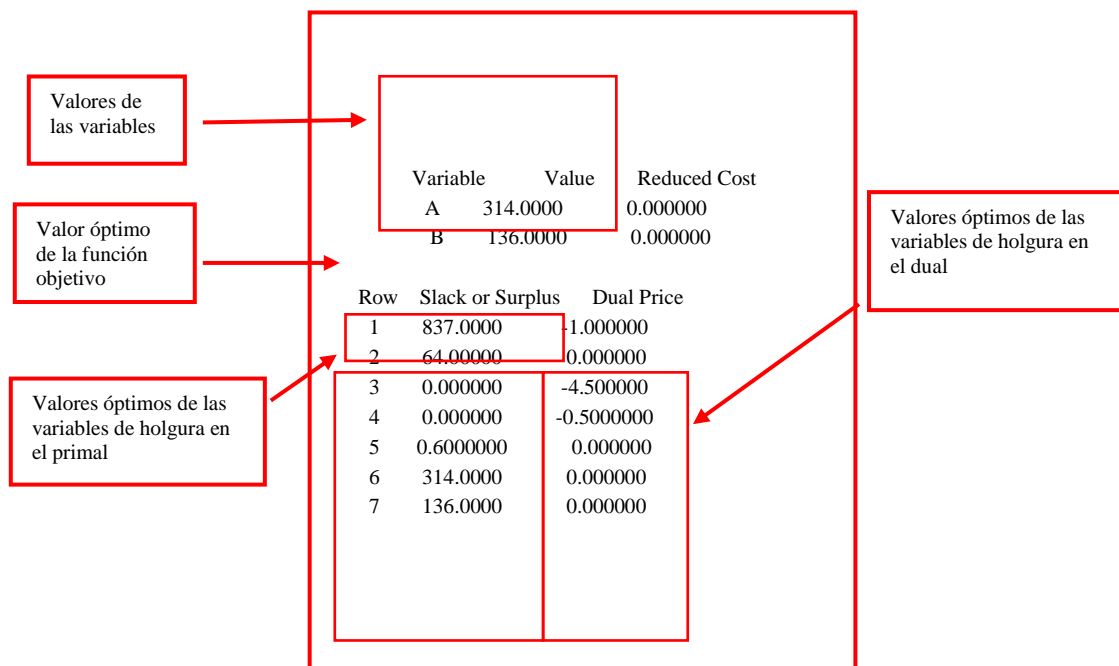
Mín. (Z)= $0.5x_1 + 5x_2$
 $x_1 \geq 250$
 $x_2 \geq 136$
 $1x_1 + 1x_2 \geq 450$
 $0.1x_1 + 0.5x_2 \leq 100$
 $x_1, x_2 \geq 0$

Solution Results:

Variable	Value	Reduced Cost
A	314.0000	0.000000
B	136.0000	0.000000

Row	Slack or Surplus	Dual Price
1	837.0000	-1.000000
2	64.00000	0.000000
3	0.000000	-4.500000
4	0.000000	-0.500000
5	0.6000000	0.000000
6	314.0000	0.000000
7	136.0000	0.000000

Paso 5: Ahora analizar los resultados ofrecidos por Lingo



Paso 6: Ahora analizar el reporte de sensibilidad que se obtiene de Lingo.

Ob Coefficient Ranges:

Current Variable	Coefficient	Allowable Increase	Allowable Decrease
A	0.5000000	4.500000	0.5000000
B	5.000000	INFINITY	4.500000

Righthand Side Ranges:

Current Row	RHS	Allowable Increase	Allowable Decrease
2	250.0000	64.00000	INFINITY
3	136.0000	1.500000	136.0000
4	450.0000	6.000000	64.00000
5	100.0000	INFINITY	0.6000000
6	0.000000	314.0000	INFINITY
7	0.000000	136.0000	INFINITY

Incrementos y disminuciones permitidas de los coeficientes de las variables del primal para que la solución del primal no cambie

Incrementos y disminuciones permitidas de los términos independientes de las restricciones del primal para que la solución del dual no cambie.



Sesión 6: Colas de espera con POM-QM

Supongamos que en un call center con 5 servidores llegan a llamar en promedio 245 clientes por hora. Se tiene capacidad para atender en promedio a 60 clientes por hora y se sabe que los clientes esperan en promedio 5 minutos en la cola. Se solicita:

- ¿Cuál es en tiempo promedio que un cliente pasa en el sistema?
- ¿Cuál es el numero promedio de clientes en la cola?
- ¿Número promedio de clientes en el sistema en un momento dado?

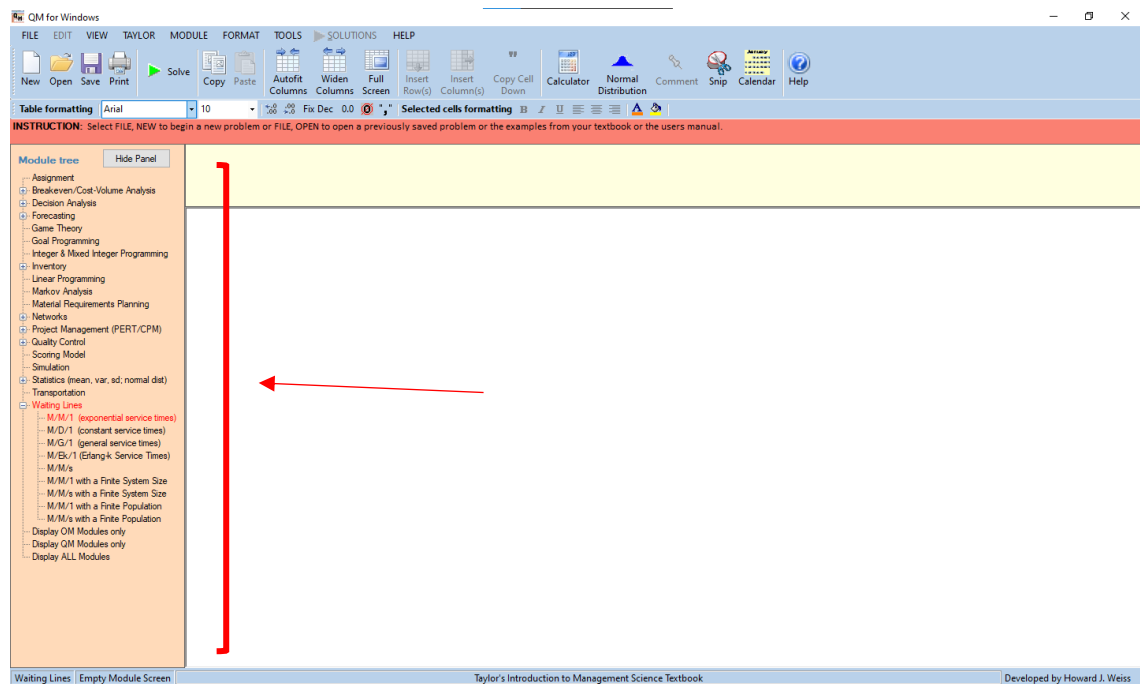
Paso 1: Analicemos la información que nos ayudará a resolver el problema, tenemos 3 variables principales (μ , λ , W_q)

$$\lambda = 245 \text{ clientes/hora (promedio de llegada de los clientes)} = \frac{245 \text{ clientes}}{60 \text{ minutos}}$$

$$\mu = 60 \text{ clientes/hora (promedio de servicio por cliente)} = \frac{60 \text{ clientes}}{60 \text{ minutos}}$$

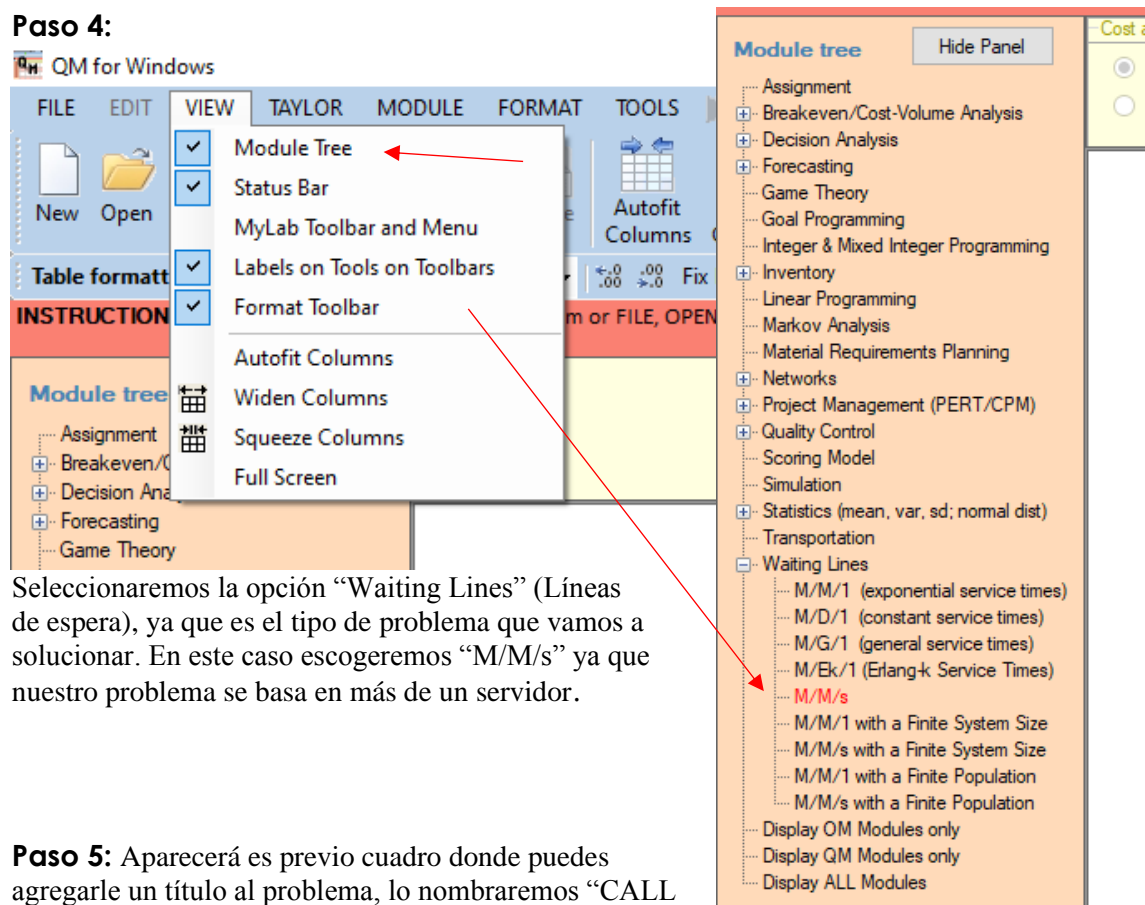
$$W_q = 5 \text{ minutos (tiempo promedio de espera de un cliente)}$$

Paso 2: Con esta información podremos tener los resultados en el software “QM for Windows”. Al tenerla instalada, nos dirigimos al “árbol de módulos” (module tree), panel donde encontramos todas las distintas herramientas de solución.



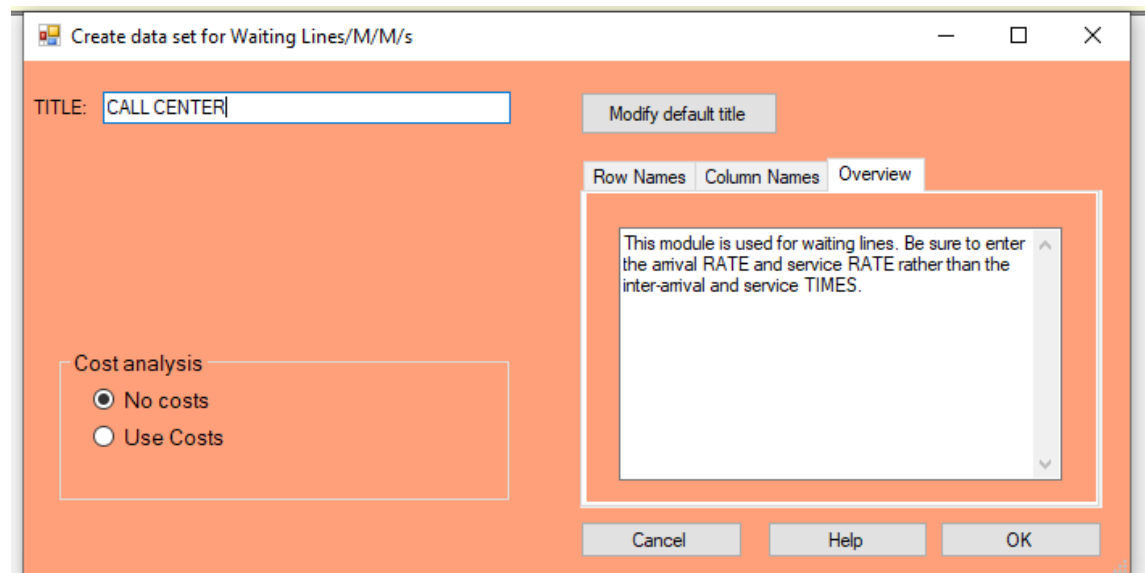
Paso 3: Caso que no aparezca por defecto o se oculte por accidente, podemos habilitarla nuevamente en la pestaña “VIEW” y seleccionamos el panel “Module Tree”.

Paso 4:



Seleccionaremos la opción “Waiting Lines” (Líneas de espera), ya que es el tipo de problema que vamos a solucionar. En este caso escogeremos “M/M/s” ya que nuestro problema se basa en más de un servidor.

Paso 5: Aparecerá es previo cuadro donde puedes agregarle un título al problema, lo nombraremos “CALL CENTER”. Después, solo le damos en “OK”.



Paso 6: Tendremos unos casilleros que rellenar, casilleros donde colocaremos nuestra información del problema.

Cost analysis		Time unit (arrival, service rate)
<input checked="" type="radio"/> No costs <input type="radio"/> Use Costs		Hours

CALL CENTER	
Parameter	Value
M/M/s	
Arrival rate(λ)	0
Service rate(μ)	0
Number of servers	0

Completando, nuestra “taza de llegada” (arrival rate) es 245 clientes en un periodo de 1 hora. Así como la taza de servicio (service rate), donde podemos atender a 60 clientes en el mismo período de tiempo.

Agregamos los números de servidores existentes, en este caso hay 5 servidores operando y por último, la unidad de tiempo que estamos empleando el cual sería “horas”.

Cost analysis		Time unit (arrival, service rate)
<input checked="" type="radio"/> No costs <input type="radio"/> Use Costs		Hours

CALL CENTER	
Parameter	Value
M/M/s	
Arrival rate(λ)	245
Service rate(μ)	60
Number of servers	5

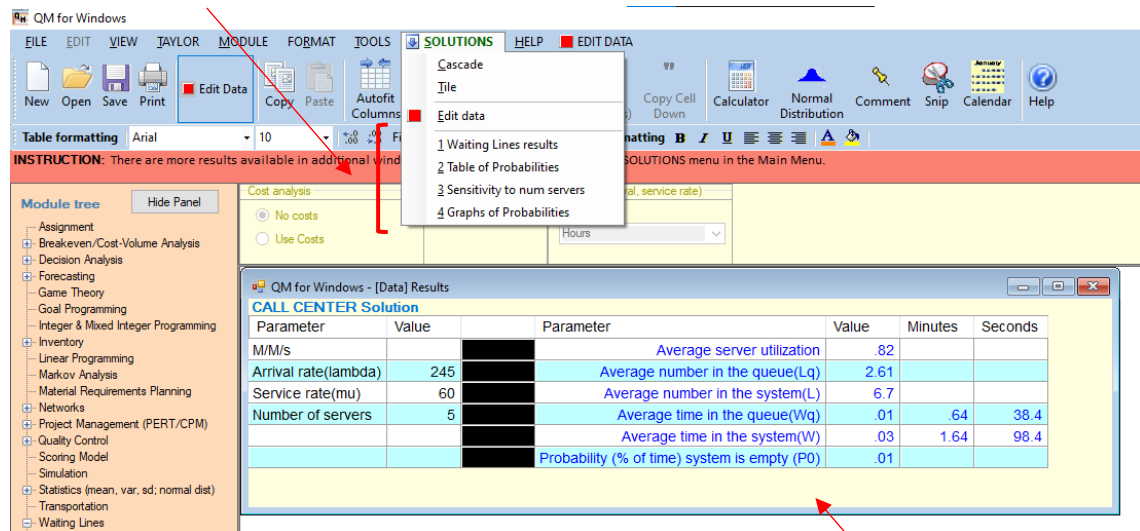
QM for Windows - [Data]

FILE	EDIT	VIEW	TAYLOR	MODULE	FORMAT	TOOLS	SOLUTIONS	HELP		
New	Open	Save	Print	Solve	Copy	Paste	Autofit Columns	Widen Columns	Full Screen	Insert Row(s)

Table formatting | Arial | 10 | Fix Dec 0.0 | Select

INSTRUCTION: Enter the value for the number of servers. This must be a strictly positive integer

Paso 8: A partir de aquí, podremos tener la facilidad de 4 tablas que nos facilitará información valiosa.



Empezando por los “resultados de líneas de espera” (waiting lines results).

Paso 9: De aquí interpretamos varios datos como:

1. La “utilización media de los servidores” es óptima, ya que se valora en “0.82” u “82%”.
2. La media de clientes en la cola será de “2.61”, osea 3 clientes en espera.
3. La media de clientes en el sistema, ósea en espera y atendiendo será de “6.7”, entre 6 u 7 clientes.
4. El tiempo medio que pasa en la cola es de “38.4 seg”, es el tiempo que pasa en espera.
5. Agregándole el tiempo de servicio que sería “1 minuto”, el tiempo total en el sistema sería de “98.4 seg”. en espera.
6. Agregándole el tiempo de servicio que sería “1 minuto”, el tiempo total en el sistema sería de “98.4 seg”.

The screenshot shows the 'CALL CENTER Solution' window with a table of parameters and values. Red arrows point to the 'Average time in the queue(Wq)' and 'Average time in the system(W)' rows, highlighting the values .01 and .03 respectively, which correspond to the 38.4 seconds and 98.4 seconds mentioned in the text.

Parameter	Value	Parameter	Value	Minutes	Seconds
M/M/s		Average server utilization	.82		
Arrival rate(lambda)	245	Average number in the queue(Lq)	2.61		
Service rate(mu)	60	Average number in the system(L)	6.7		
Number of servers	5	Average time in the queue(Wq)	.01	.64	38.4
		Average time in the system(W)	.03	1.64	98.4
		Probability (% of time) system is empty (P0)	.01		



Sesión 7: Colas de espera con Solver

Paso 1: Analicemos la información que nos ayudará a resolver el problema, tenemos 3 variables principales (μ , λ , Wq)

$$\lambda = 245 \text{ clientes/hora (promedio de llegada de los clientes)} = \frac{245 \text{ clientes}}{60 \text{ minutos}}$$

$$\mu = 60 \text{ clientes/hora (promedio de servicio por cliente)} = \frac{60 \text{ clientes}}{60 \text{ minutos}}$$

$Wq = 5$ minutos (tiempo promedio de espera de un cliente)

Paso 2: Con esta información ya podremos completar lo requerido en la herramienta.

Nota: Esta es una extensión de Excel, debe ser descargada previamente de internet para poder implementarla y utilizarla.

Tutorial en este enlace: <https://www.youtube.com/watch?v=j7lRsDSs2xU&t=199s>

Abrimos la extensión que tiene como ícono esta imagen.

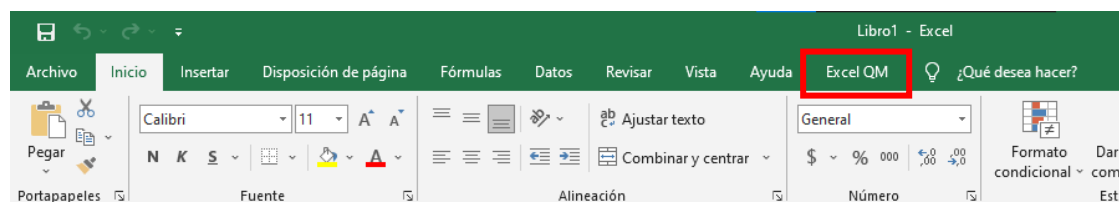
Paso 3: Nos aparecerá la

dirigimos a ella y podremos

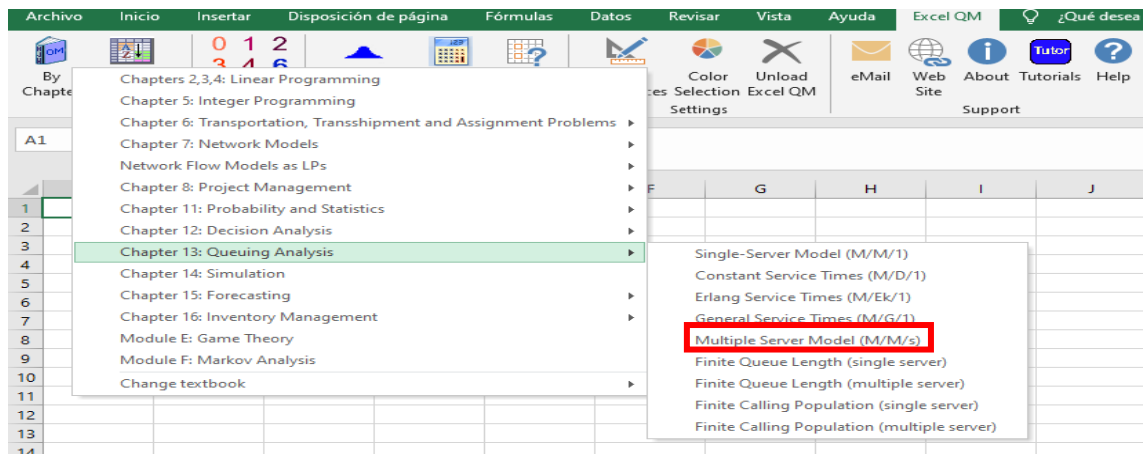
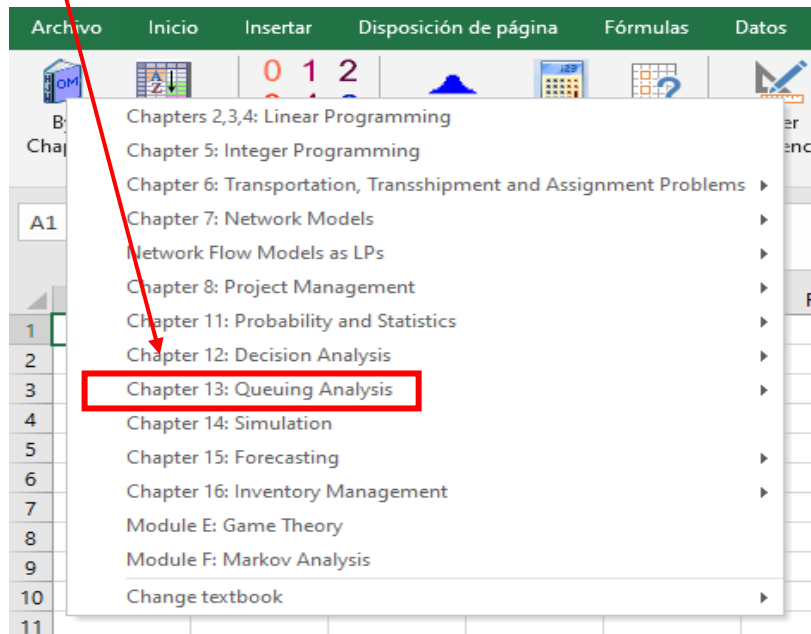
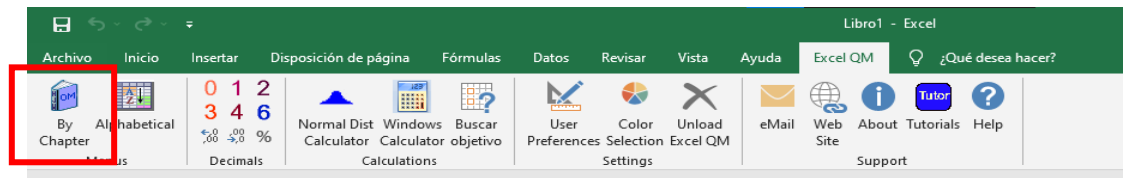


extensión en la barra de herramientas, nos

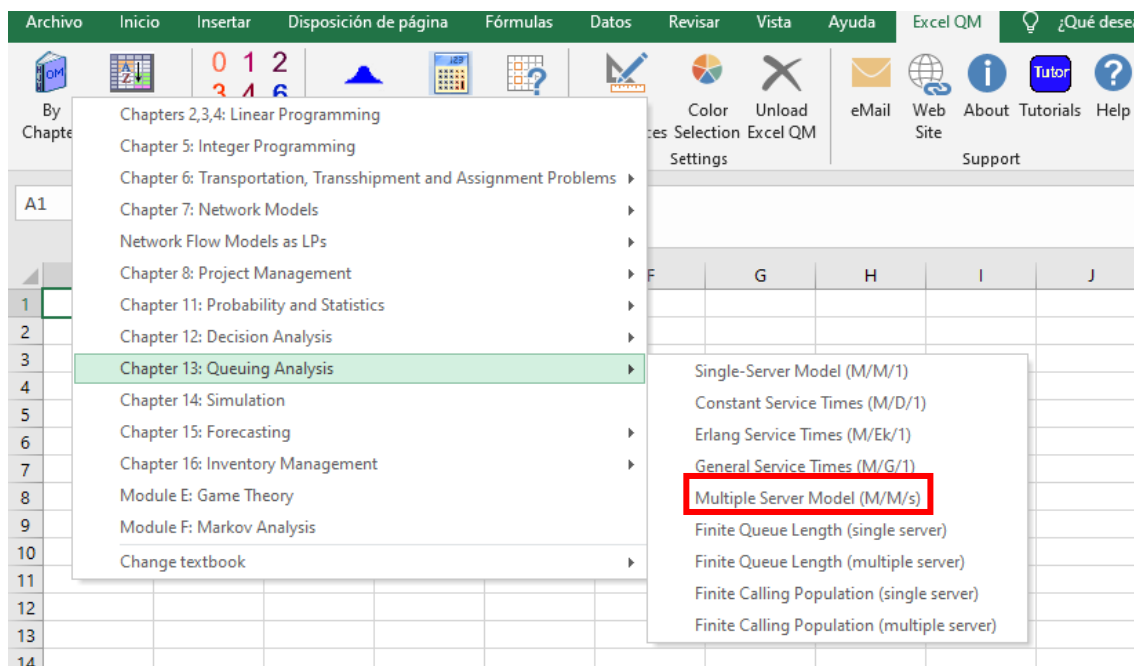
comenzar a utilizarla.



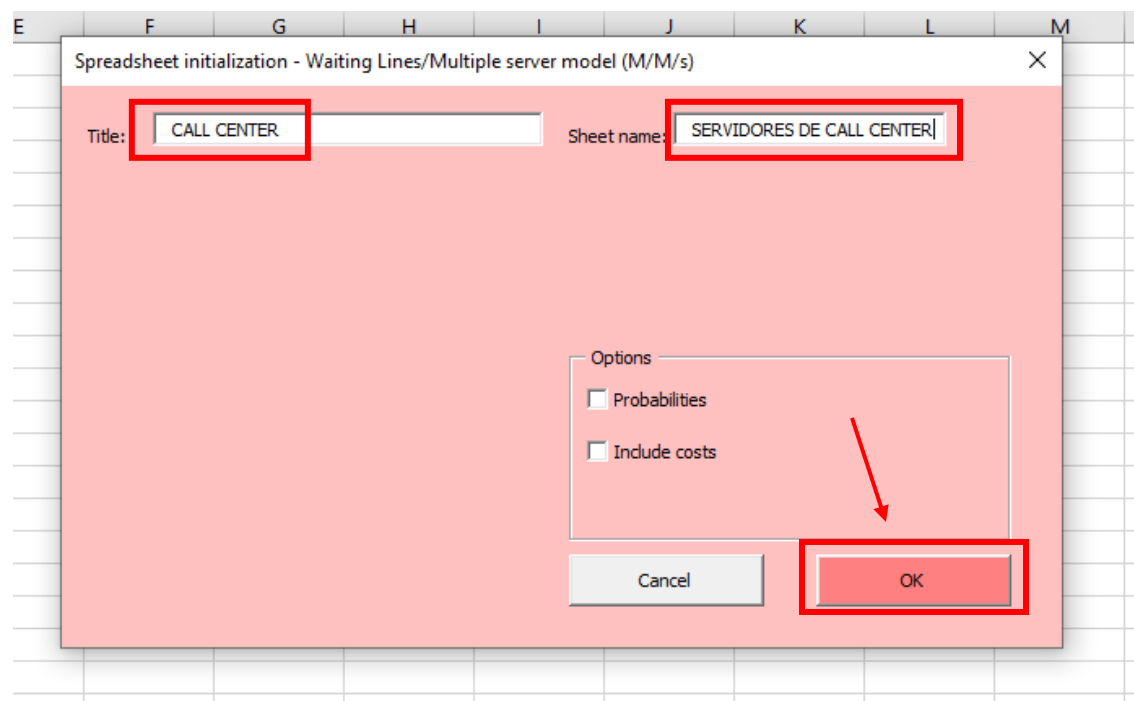
Paso 4: Teniendo las opciones habilitadas empezaremos buscando el capítulo llamado “Queuing Analysis” (análisis de colas), tema el cual corresponde este ejercicio.



Paso 4: Nos aparecerá una lista de tipos de colas, ya que nuestro ejercicio tiene 5 servidores, nos será necesario el modelo de varios servidores. Denominado en la tabla como “Multiple Server Model” (modelo de servidor múltiple”



Paso 5: Esto nos habilitará una tabla de inicialización, donde colocaremos el título y nombre de hoja. Terminado esto podemos dale en “OK”.



Paso 6: Ya podemos empezar a completar con la información obtenida anteriormente.

1. Empezamos por aquí:

- Rango de Llegada es 245 clientes
- Rango de Servicios es de 60 clientes.

	A	B	C	D	E
1	CALL CENTER				
2					
3	Waiting Lines	Multiple server model (M/M/s)			
4	The arrival RATE and service RATE both must be rates and use the same time unit. Given a time such as 10 minutes, convert it to a rate such as 6 per hour.				
5					
6	Data			Results	
7	Arrival rate (λ)			Average server utilization(ρ)	NA
8	Service rate (μ)			Average number of customers in the queue(L_q)	NA
9	Number of servers(s)			Average number of customers in the system(L)	NA
10				Average waiting time in the queue(W_q)	NA
11				Average time in the system(W)	NA
12				Probability (% of time) system is empty (P_0)	NA
13	The total service rate (rate*servers) must be greater than the arrival rate				
14					
15					

2. Por último:

- Tenemos 5 servidores habilitados.

Paso 7: Con ello ya tenemos la solución

	A	B	C	D	E						
1	CALL CENTER										
Sensitivity Table											
	Number of servers										
	5	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	0.81666667	NA	NA	NA	NA	0.81666667	0.68055556	0.58333333	0.51041667	0.4537037	0.40833333
	2.61343782	NA	NA	NA	NA	2.61343782	0.65090025	0.2059762	0.06812342	0.02221616	0.00697462
	6.69677115	NA	NA	NA	NA	6.69677115	4.73423358	4.28930954	4.15145675	4.1055495	4.09030795
	0.01066709	NA	NA	NA	NA	0.01066709	0.00265674	0.00084072	0.00027805	9.0678E-05	2.8468E-05
	0.02733376	NA	NA	NA	NA	0.02733376	0.0193234	0.01750739	0.01694472	0.01675734	0.01669513
	0.01136992	NA	NA	NA	NA	0.01136992	0.01515951	0.01632317	0.01668886	0.01680284	0.01683738
11	Average time in the system(W)										0.0273
12	Probability (% of time) system is empty (P ₀)										0.0114
13											
14											
15											

pedida, agrego que esta herramienta también nos habilita ver la tabla de sensibilidad, también se rellena automáticamente al poner las variables en el primer c,

3. Automáticamente:

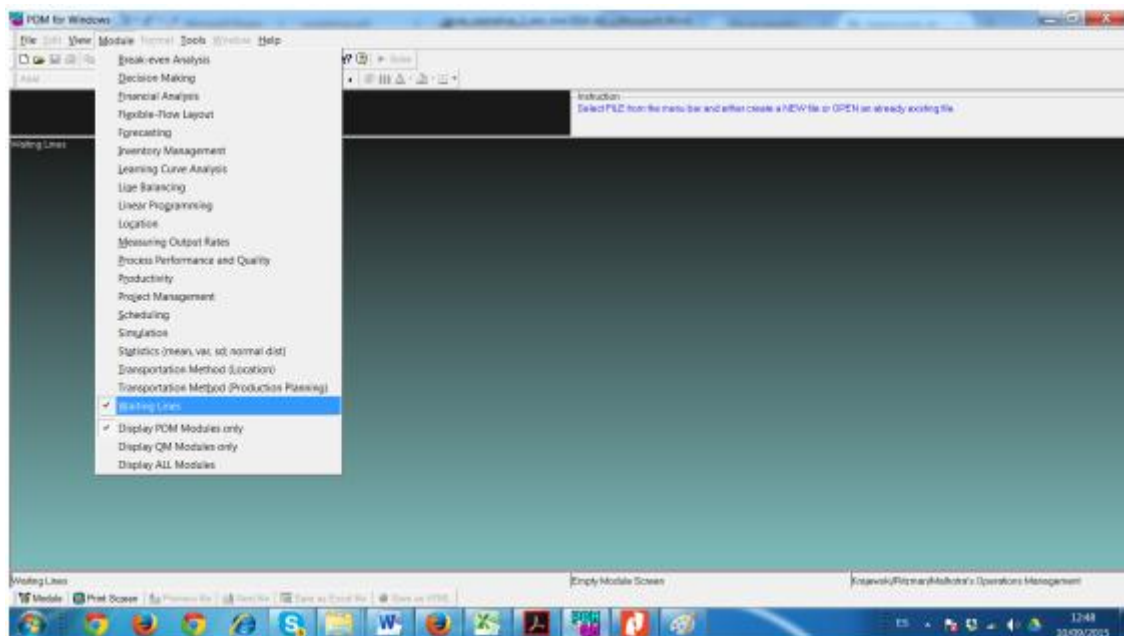
- La tabla rellena los resultados pedidos, con ella podemos visualizar la misma información obtenida como en POM QM.

Entrega da	Asigna da
<input type="checkbox"/>	Asignada
<input type="checkbox"/>	ABEL ALDAIR ... Asignada
<input type="checkbox"/>	ANA MARLITH... Asignada
<input type="checkbox"/>	ANGIE DENISS... Asignada
<input type="checkbox"/>	ANGIE JAZMIN... Asignada
<input type="checkbox"/>	ANTONY RIC... Asignada
<input type="checkbox"/>	ARACELY RUBI... Asignada

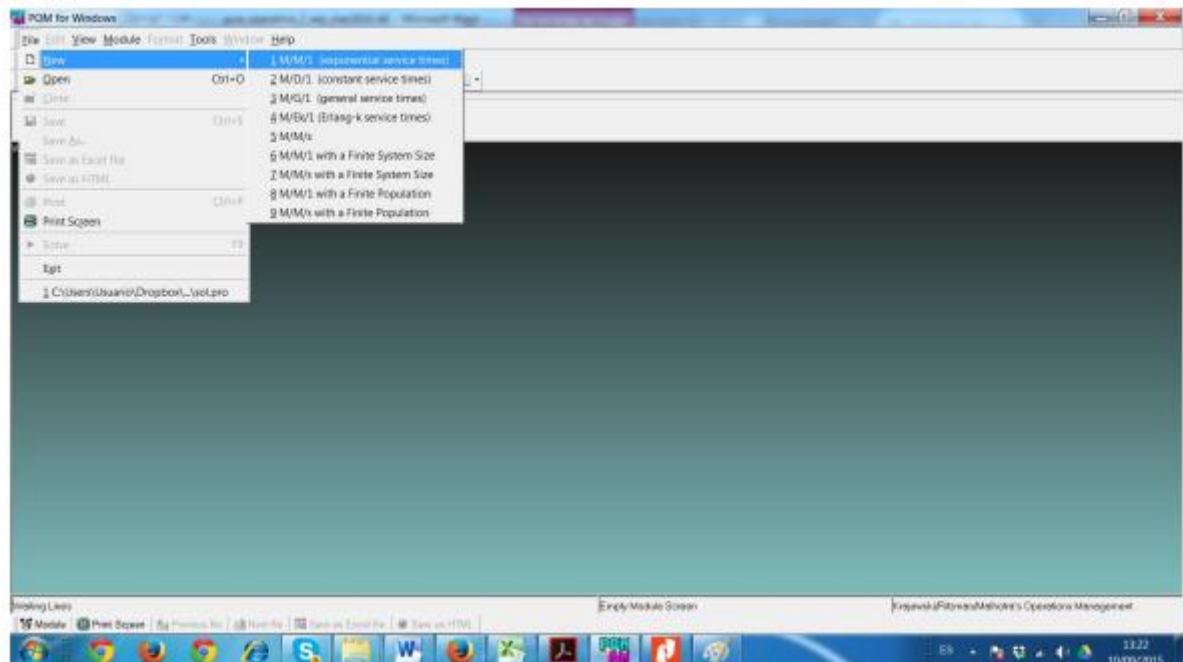
Sesión 8: Colas de espera con lingo

Un asistente contable recibe facturas para ingresar los datos al sistema. Suponga que puede usarse una distribución de probabilidad de Poisson con una tasa media de 10 facturas por hora para describir el patrón de llegada y que los tiempos tasa media de 12 facturas por hora con tiempos de servicio exponenciales. El costo de espera de un cliente es de 20\$/hora, mientras que el costo de servicio es de 15 \$/ hora.

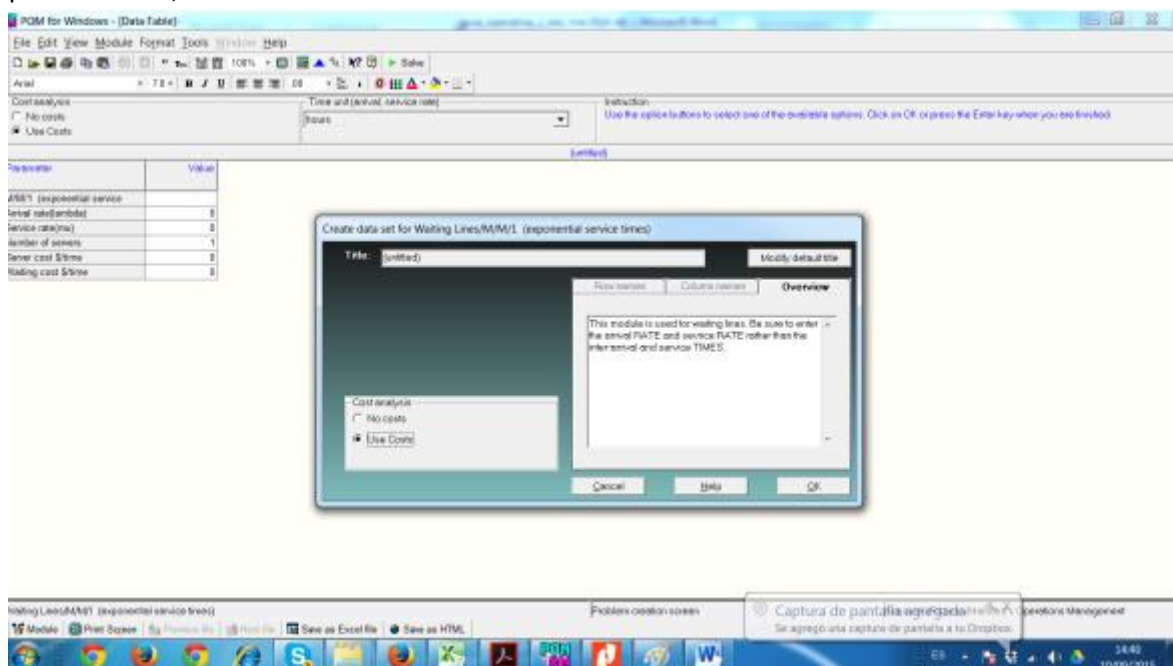
Paso 1: Abrir el programa seleccionamos Waiting Lines



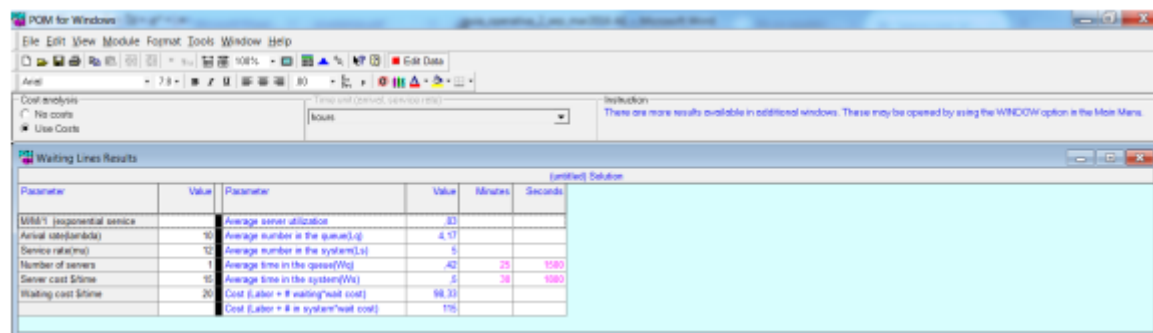
Paso 2: En File vamos a new y seleccionamos el modelo M/M1



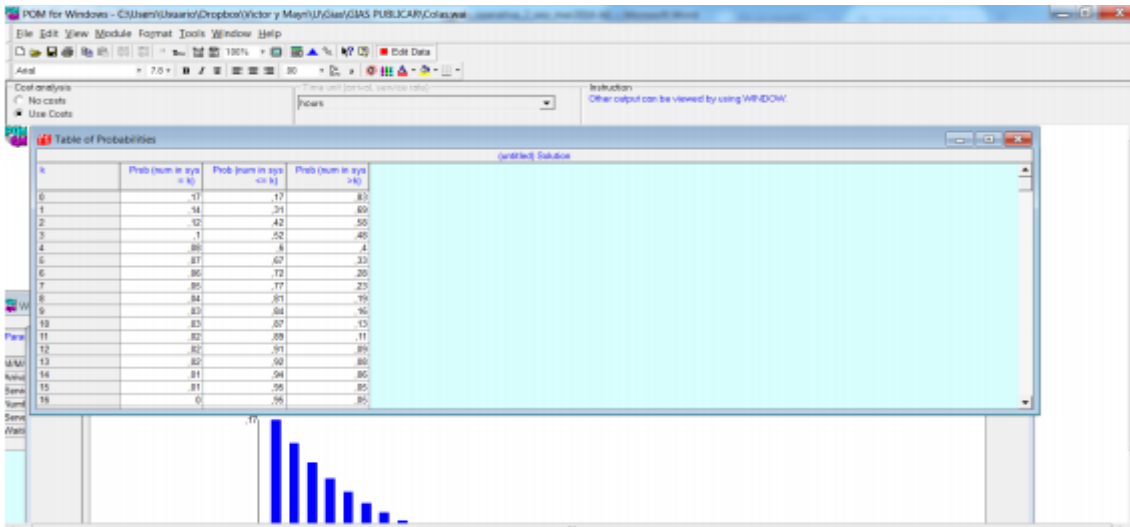
Paso 3: Tenemos dos opciones si vamos a realizar un cálculo de costos o no. Señalamos en Use cost, si no hay datos para calcular costos no hay problema estos no se calculan pero los otros parámetros sí, clic en ok.



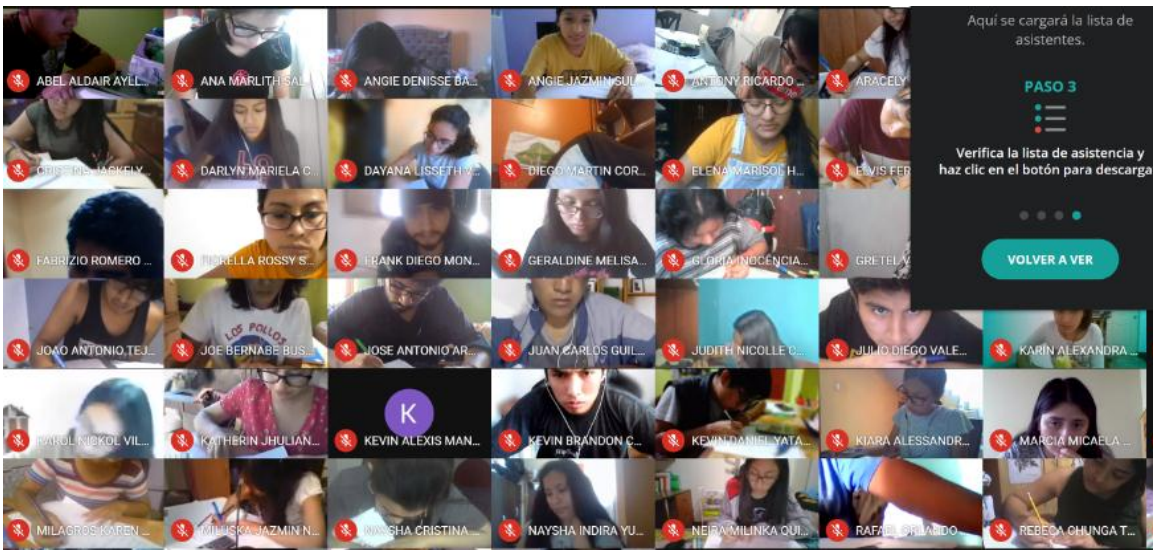
Paso 3: Se llenan los datos del caso



Paso 4: En la barra de herramienta en Windows podemos desplegar los resultados, como la tabla de probabilidades y el gráfico.



Paso 5: Analizar e interpretar las salidas.



Sesión 9: Administración de proyectos método tradicional

Proyecto CASA La Compañía constructora PREFAB ha identificado nueve actividades que tiene lugar durante la construcción de una casa. Las cuales se enumeran a continuación

Dibuje la matriz de precedencia del proyecto, dibuje la red del proyecto, calcule las fechas Inicio Temprano e Inicio Tardío de cada actividad, identifique el camino crítico.

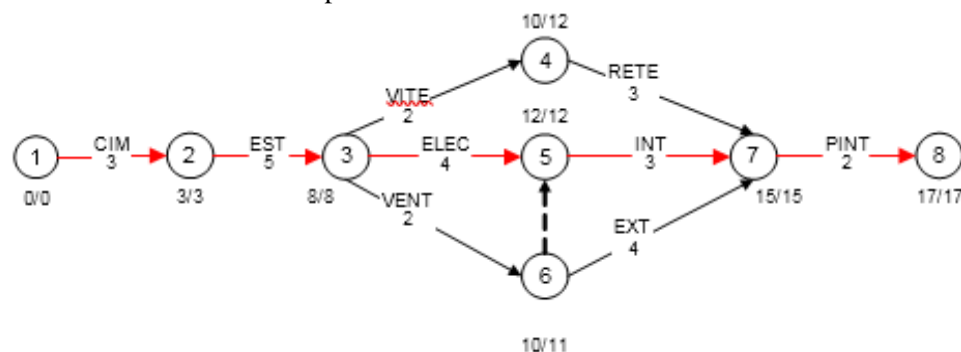
Paso 1: Elaborar tabla de precedencias

ID	TAREA	DESCRIPCION	PREDEC	TN
1	EST	Elegir la estructura	2	5
2	CIM	Hacer los cimientos		3
3	VITE	Poner las vigas techo	1	2
4	RETE	Revestir el techo	3	3
5	ELEC	Cableado eléctrico	1	4
6	EXT	Tablas paredes exteriores	7	4
7	VENT	Colocar las ventanas	1	2
8	PINT	Tablas paredes interiores	4;6;8	2
9	INT	Pintura ext. e int.	5;7	3

Paso 2 Calculo de tiempo y costos

ID	TN	TF	CN	CF	Costo día	REC
1	5	4	100.00	150.00		CARP1;CARP2
2	3	3	50.00	50.00		
3	2	2	80.00	80.00		CARP1;CARP2
4	3	2	80.00	85.00		
5	4	2	60.00	80.00		
6	4	2	100.00	150.00		CARP1
7	2	2	30.00	30.00		CARP2
8	2	2	500.00	500.00		
9	3	2	180.00	240.00		CARP1

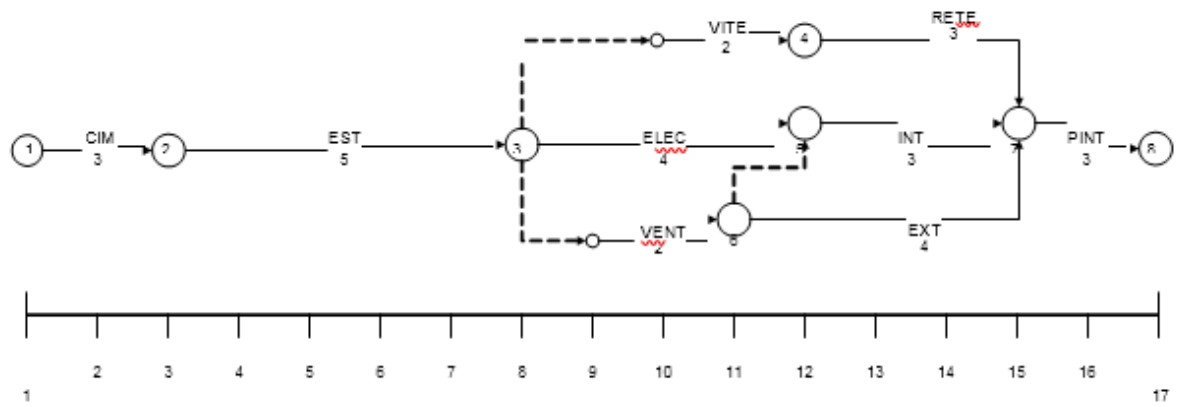
Paso 3: Graficar la red de precedencia



ruta

crítica

Paso 4: Programación de las actividades en el tiempo



Aquí se cargará la lista de asistentes.

PASO 3

Verifica la lista de asistencia y haz clic en el botón para descargar

VOLVER A VER

ABEL ALDAIR AYLL...	ANA MARLITH SAL...	ANGIE DENISSE BA...	ANGIE JAZMIN SUL...	ANTHONY RICARDO...	ARACELY
CRISTINA JACKELY...	DARLYN MARIELA C...	DAYANA LISSETH M...	DIEGO MARTIN COR...	ELENA MARISOL H...	ELVIS FER...
FABRIZIO ROMERO ...	FRANIELLA ROSSY S...	FRANK DIEGO MON...	GERALDINE MELISA...	GIORGINO INOCENCIA...	GRETEL
JOAO ANTONIO TEL...	JOE BERNABE BUS...	JOSE ANTONIO AR...	JUAN CARLOS GUIL...	JUDITH NICOLLE D...	JULIO DIEGO VALE...
KAROL NICKOL VIL...	KATHERIN JHULIAN...	KEVIN ALEXIS MAN...	KEVIN BRANDON C...	KEVIN DANIEL YATA...	KIARA ALESSANDR...
MILAGROS JOYREN ...	MIRIAM JAZMIN N...	MIRIAM CRISTINA...	NAYSHA INDIRA YU...	NEIRA MILINKA GIL...	RAFAEL ORLANDO
					REBECA GHUNGA T...

Sesión 10 Administración de proyectos utilizando Solver



La empresa “Scrapbooking” se dedica a importar y distribuir diversos artículos de marcas reconocidas de scrapbook de América y Europa, quiere implementar la venta online de los artículos que ofrece. Para el logro de dicho objetivo, se requiere una planificación con determinadas actividades cuyo tiempo estimado no es fijo por los imprevistos que pueden ocurrir en el desarrollo de cada una de estas. Se pide hallar la ruta crítica y su grafica siguiendo los datos que muestra la siguiente tabla:

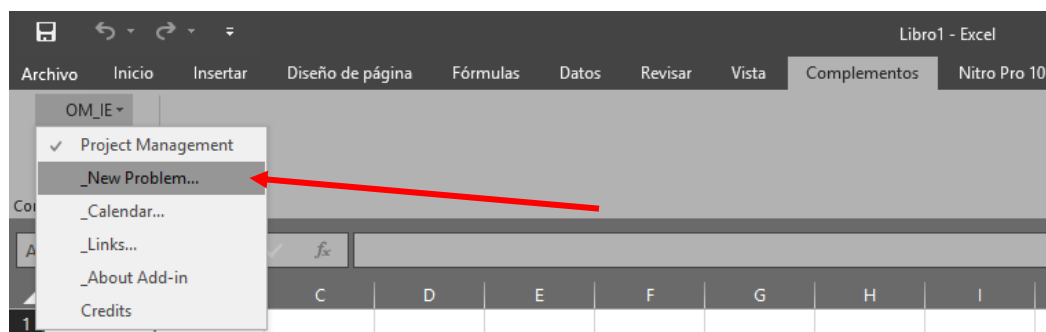
Paso 1: Elaborar tabla de precedencias

ITEM	ACTIVIDAD	TIEMPO			PREDECESORES
		OPTIMISTA	NORMAL	PESIMISTA	
A	Informarse acerca del scrap	3	5	10	-
B	Asistir a talleres de rubro	2	4	8	A
C	Buscar proveedores en Lima	1	4	7	B
D	Coordinar reuniones	5	10	15	C
E	Inscribirse a cursos de papelería	2	5	9	B
F	Inscribirse a cursos de diseño	1	5	10	B
G	Capacitarse en la maquinaria	3	7	18	B
H	Desarrollo de página Facebook	1	3	5	C
I	Unirse a páginas de Facebook	1	3	5	F, E
J	Obtener el numero RUC	1	3	7	H, D
K	Registrar en Sunat	5	15	31	J
L	Desarrollo de catálogo	2	4	7	H, I
M	Presentación como tienda virtual	1	2	16	G
N	Compra de materiales	2	4	6	K, L, M
O	Contratar servicio delivery	1	3	5	N
P	Actualizaciones y promociones	1	2	6	O

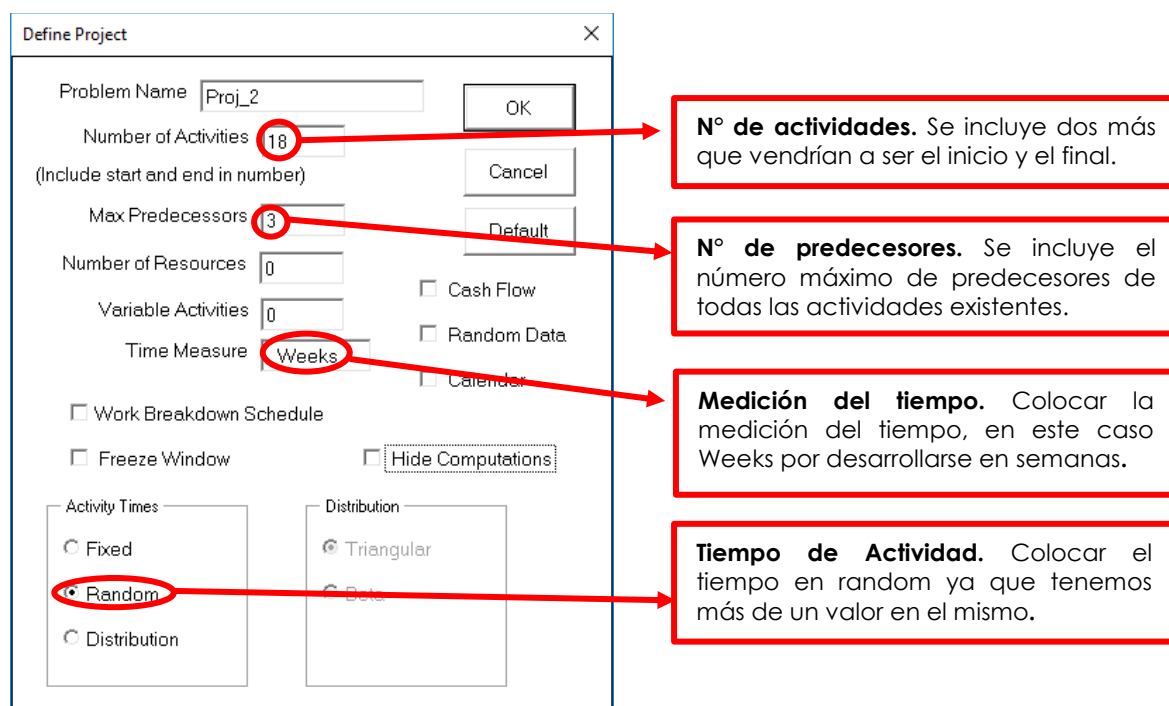
Paso 2 Esta al ser una extensión de Excel, debe ser descargada previamente de internet para poder implementarla y utilizarla.

Enlace con un tutorial de uso: <https://www.plandemejora.com/proyectos-en-excel-pert-cpm-ruta-critica/>

Paso 2: Abrir Microsoft Excel. Seleccionar en complementos y seleccionamos OM_IE -> Project Management -> New problem.



Paso 3: Establecer el número de actividades del proyecto y también el número máximo de predecesores entre todas las actividades. En este caso el número de actividades vendría a ser 16 pero debemos sumarle 2 para incluir el inicio y el final de todo el proceso, por lo cual nos daría la cantidad de 18. En el caso de predecesores es 3 porque la actividad N presenta la máxima cantidad de predecesores.



Paso 4: En la pantalla podremos ver la tabla en donde deberemos colocar los valores del problema en los casilleros que corresponden. Por un lado, poner los predecesores de cada actividad y por el otro, el tiempo que toma desarrollar cada una de las mismas.

Activity Data				Activity Time Estimates										Time Activity	
Critical	Name	Description	Predecessors		Color	Most			Mean	S.D.	Var.	Weeks	Delay		
						Min.	Likely	Max.							
1		Start	Activity Start			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	A	Activity A				3	5	10	5.5	1.1667	1.3611	5.5	0	0	0
3	B	Activity B	A			2	4	8	4.3333	1	1	4.3333	0	0	0
4	C	Activity C	B			1	4	7	4	1	1	4	0	0	0
5	D	Activity D	C			5	10	15	10	1.6667	2.7778	10	0	0	0
6	E	Activity E	B			2	5	9	5.1667	1.1667	1.3611	5.1667	0	0	0
7	F	Activity F	B			1	5	10	5.1667	1.5	2.25	5.1667	0	0	0
8	G	Activity G	B			3	7	18	8.1667	2.5	6.25	8.1667	0	0	0
9	H	Activity H	C			1	3	5	3	0.6667	0.4444	3	0	0	0
10	I	Activity I	F	E		1	3	5	3	0.6667	0.4444	3	0	0	0
11	J	Activity J	H	D		1	3	7	3.3333	1	1	3.3333	0	0	0
12	K	Activity K	J			5	15	31	16	4.3333	18.778	16	0	0	0
13	L	Activity L	H	I		2	4	7	4.1667	0.8333	0.6944	4.1667	0	0	0
14	M	Activity M	G			1	2	16	4.1667	2.5	6.25	4.1667	0	0	0
15	N	Activity N	K	L	M	2	4	6	4	0.6667	0.4444	4	0	0	0
16	O	Activity O	N			1	3	5	3	0.6667	0.4444	3	0	0	0
17	P	Activity P	O			1	2	6	2.5	0.8333	0.6944	2.5	0	0	0
18	End	Activity End				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Valores digitalizados de manera manual: Predecesores (expresado en letras) y el tiempo (expresado en números).

Resultado de color amarillo, los valores automáticos que el complemento nos brinda.

Paso 5: Al dar click en resolver, el complemento nos muestra el cuadro desarrollado, en donde en la sección amarilla podemos encontrar la mayor parte de la información que requerimos para resolver el problema.

ADM. DE PROYECTOS - SCRAPBOOKING



Times(Proj. Weeks)

Due	100
Critical	52.667
Var.	27.5
SD.	5.244
On Time Prob.	1
Slack	47.333
Late	0
Current	0

Como datos generales obtenemos: El tiempo estimado de la ruta crítica (52.667 semanas), la varianza general (27.5) y la desviación estándar (5.244).

MEAN: Tiempo estimado de cada

Activity Data					Activity Time Estimates										Time Activity	
Critical	Name	Description	Predecessors			Color	Most			Mean	S.D.	Var.	Weeks	Delay		
							Min.	Likely	Max.							
1	Start	Activity Start					0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	A	Activity A					3	5	10	5.5	1.1667	1.3611	5.5	0	0	0
3	B	Activity B	A				2	4	8	4.3333	1	1	4.3333	0	0	0
4	C	Activity C	B				1	4	7	4	1	1	4	0	0	0
5	D	Activity D	C				5	10	15	10	1.6667	2.7778	10	0	0	0
6	E	Activity E	B				2	5	9	5.1667	1.1667	1.3611	5.1667	0	0	0
7	F	Activity F	B				1	5	10	5.1667	1.5	2.25	5.1667	0	0	0
8	G	Activity G	B				3	7	18	8.1667	2.5	6.25	8.1667	0	0	0
9	H	Activity H	C				1	3	5	3	0.6667	0.4444	3	0	0	0
10	I	Activity I	F	E			1	3	5	3	0.6667	0.4444	3	0	0	0
11	J	Activity J	H	D			1	3	7	3.3333	1	1	3.3333	0	0	0
12	K	Activity K	J				5	15	31	16	4.3333	18.778	16	0	0	0
13	L	Activity L	H	I			2	4	7	4.1667	0.8333	0.6944	4.1667	0	0	0
14	M	Activity M	G				1	2	16	4.1667	2.5	6.25	4.1667	0	0	0
15	N	Activity N	K	L	M		2	4	6	4	0.6667	0.4444	4	0	0	0
16	O	Activity O	N				1	3	5	3	0.6667	0.4444	3	0	0	0
17	P	Activity P	O				1	2	6	2.5	0.8333	0.6944	2.5	0	0	0
18	End	Activity End					0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

CRITICAL: En la primera columna las celdas de color rojo nos indican la ruta crítica. En este caso la respuesta vendría a ser: ABCDJKNOP

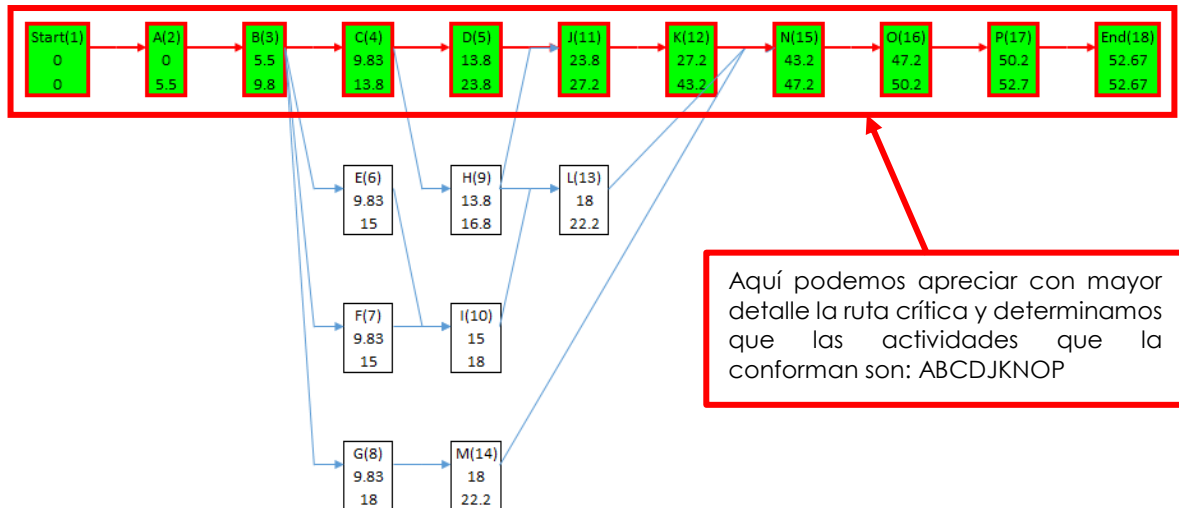
VAR: Varianza de cada actividad.

P... dar click en graphic. En este se puede observar la ruta crítica con borde rojo y relleno verde. Esta misma vendría a ser la respuesta a nuestro problema.

ADM. DE PROYECTOS - SCRAPBOOKING

- Solve
- Change
- Critical
- Update
- Gantt
- Graph
- Schedule

ADM. DE PROYECTOS - SCRAPBOOKING



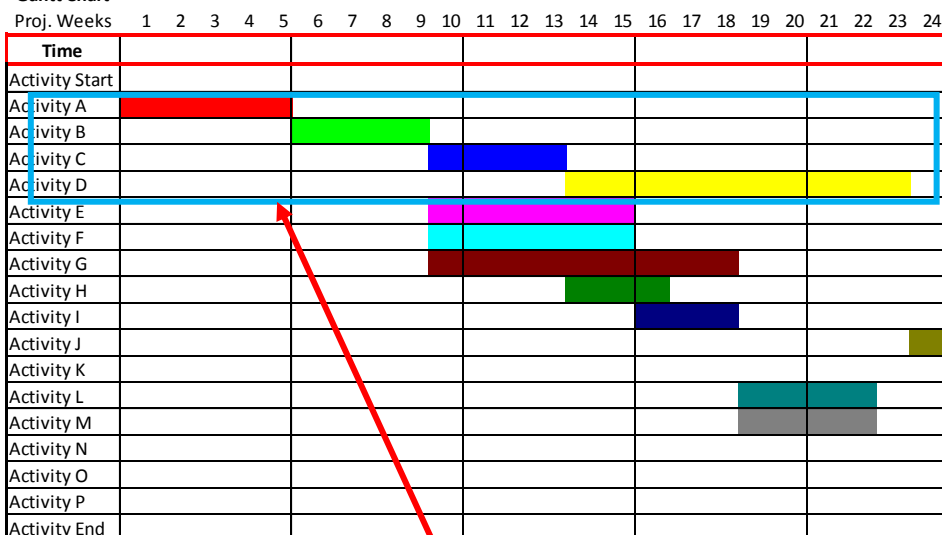
Aquí podemos apreciar con mayor detalle la ruta crítica y determinamos que las actividades que la conforman son: ABCDJKNOP

También podemos obtener el grafico de Gantt en donde podemos determinar la ruta crítica porque al inicio de una actividad inmediatamente inicia otra y esta abarca todo el rango de duración en semanas.

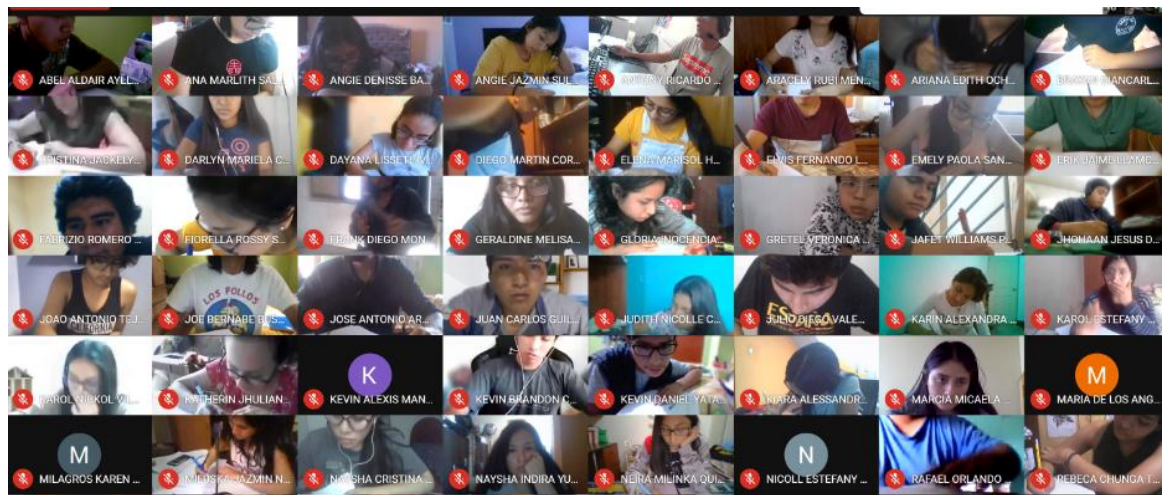
ADM. DE PROYECTOS - SCRAPBOOKING

- Solve
- Change
- Critical
- Update
- Gantt
- Graph
- Schedule

Gantt Chart



En este caso observamos que se cumple en la actividad: ABCDJKNOP; el cual esta sombreado con un cuadro celeste para facilitar su visibilidad

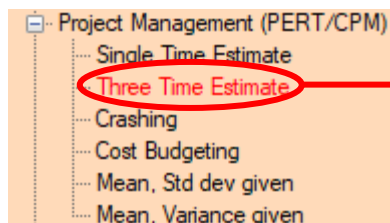


Sesión 11: Administración de proyectos POM-QM



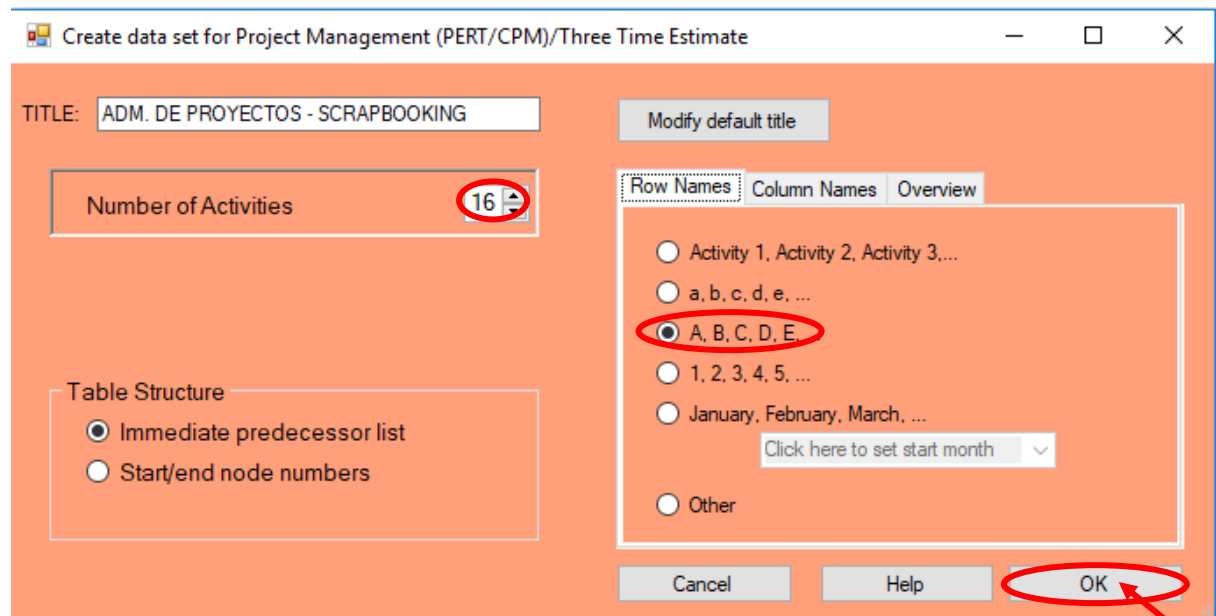
Paso 1: Abrir QM for Windows luego de haber sido previamente descargado, esta aplicación se puede encontrar de manera sencilla al buscarlo por el navegador de su preferencia

Paso 2: En la barra de comandos se observa distintas funciones que nos permite desarrollar muchos tipos de problemas del curso de investigación de operaciones. En este caso nos dirigiremos a Project Management (PERT/CPM)



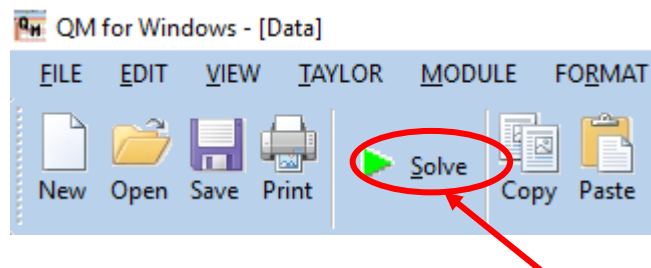
Tiempo de Actividad. Colocar el tiempo como THREE TIME ESTIMATE ya que tenemos tres tiempos: optimista, normal y pesimista.

Paso 3: En este momento ingresaremos el número de actividades existentes y la manera en cómo queremos que se nos represente las actividades. En este caso escogemos 16 como cantidad de acuerdo a la tabla y ordenar las actividades con letras del abecedario. Luego daremos click en OK



Paso 4: Luego de dar click en OK, nos saldrá una tabla en donde deberemos digitalizar de manera manual el tiempo de cada actividad y los predecesores de cada una de estas. Estos valores nos dan de dato en la tabla del problema. Luego dar click en SOLVE

ADM. DE PROYECTOS - SCRAPBOOKING						
ACTIVITY	TIME			PREDECESOR		
	OPTIMISTIC	MOST LIKELY	PESSIMISTIC	P1	P2	P3
A	3	5	10			
B	2	4	8	A		
C	1	4	7	B		
D	5	10	15	C		
E	2	5	9	B		
F	1	5	10	B		
G	3	7	18	B		
H	1	3	5	C		
I	1	3	5	F	E	
J	1	3	7	H	D	
K	5	15	31	J		
L	2	4	7	H	I	
M	1	2	16	G		
N	2	4	6	K	L	M
O	1	3	5	N		
P	1	2	6	O		



Paso 5: Luego de dar click en SOLVE obtendremos la duración del proyecto, así como también el inicio y final de cada actividad de manera temprana y tardía, finalmente obtenemos el slack.

PROJECT. En la primera fila obtenemos que el tiempo estimado del proyecto en general es de 52.67 semanas; la desviación estándar, 5.24 y la varianza, 27.5

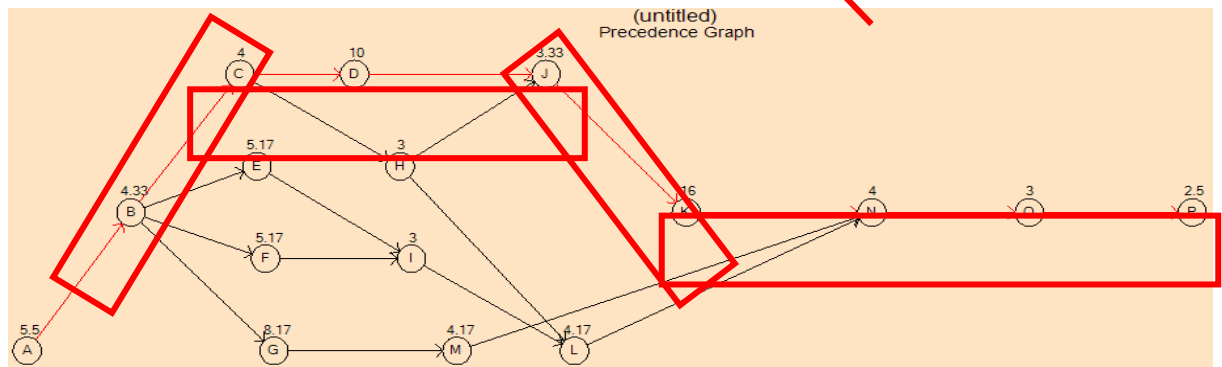
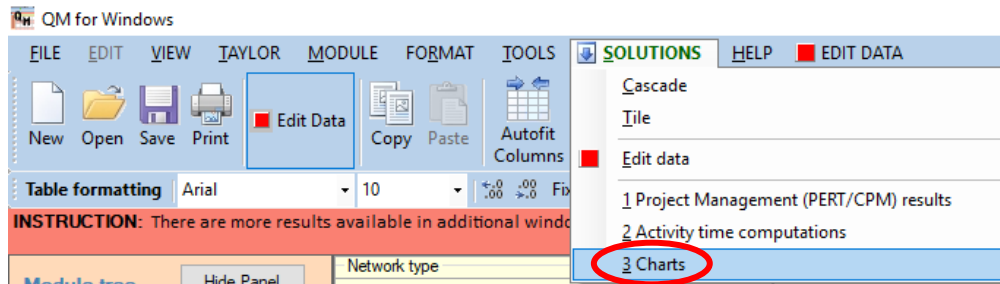
Activity	Activity time	Early Start	Early Finish	Late Start	Late Finish	Slack	Standard Deviation	Variance
Project	52.67						5.24	27.5
A	5.5	0	5.5	0	5.5	0	1.17	1.36
B	4.33	5.5	9.83	5.5	9.83	0	1	1
C	4	9.83	13.83	9.83	13.83	0	1	1
D	10	13.83	23.83	13.83	23.83	0	1.67	2.78
E	5.17	9.83	15	30.83	36	21	1.17	1.36
F	5.17	9.83	15	30.83	36	21	1.5	2.25
G	8.17	9.83	18	30.83	39	21	2.5	6.25
H	3	13.83	16.83	20.83	23.83	7	0.67	0.44
I	3	15	18	36	39	21	0.67	0.44
J	3.33	23.83	27.17	23.83	27.17	0	1	1
K	16	27.17	43.17	27.17	43.17	0	4.33	18.78
L	4.17	18	22.17	39	43.17	21	0.83	0.69
M	4.17	18	22.17	39	43.17	21	2.5	6.25
N	4	43.17	47.17	43.17	47.17	0	0.67	0.44
O	3	47.17	50.17	47.17	50.17	0	0.67	0.44
P	2.5	50.17	52.67	50.17	52.67	0	0.83	0.69

En la primera columna las letras en negrita y de color rojo nos indican la ruta crítica.
En este caso la respuesta vendría a ser: ABCDJKNOP

STANDARD DEVIATION:
Desviación estándar de cada actividad.

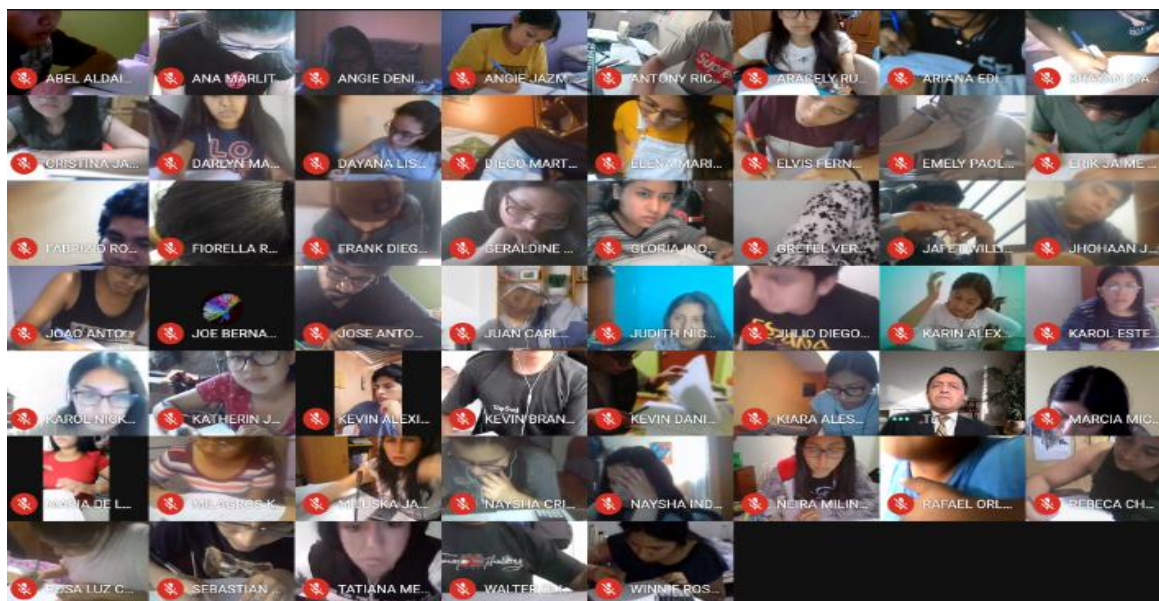
VARIANCE: Varianza de cada actividad.

Paso 6: Análisis del grafico que obtenemos. En este se puede observar la crítica con borde rojo. Esta misma vendría a ser la respuesta a nuestro problema.



Aquí podemos apreciar con mayor detalle la ruta crítica y determinamos que las actividades que la conforman son: ABCDJKNOP

Además, obtenemos el grafico de Chantt. Este nos muestra de color rojo, la ruta crítica que vendría a ser nuestra respuesta: ABCDJKNOP

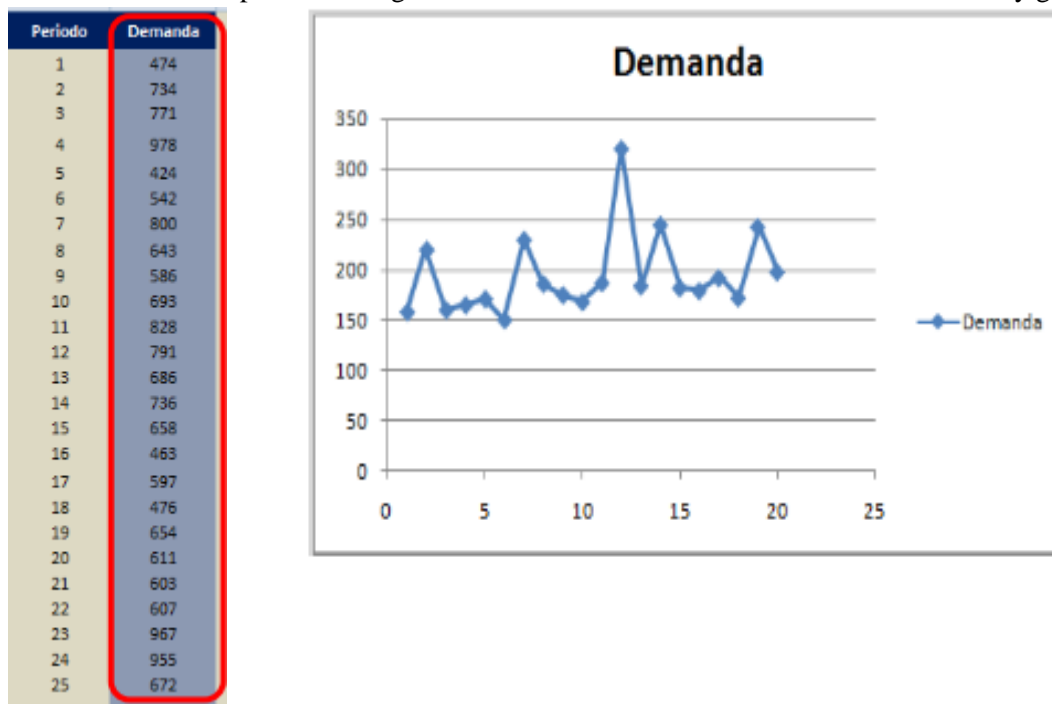


Sesión 12: Pronósticos con Solver

Paso 1: Activar solver, ingresar la información, en la hoja de demanda, de acuerdo a los datos históricos que se tengan, se debe ingresar el número de periodos de demanda, histórica en la celda.



Paso 2: Definir los periodos e ingresar cada uno de los datos de la demanda histórica y graficar




Paso 3: Elegir el menor modelo

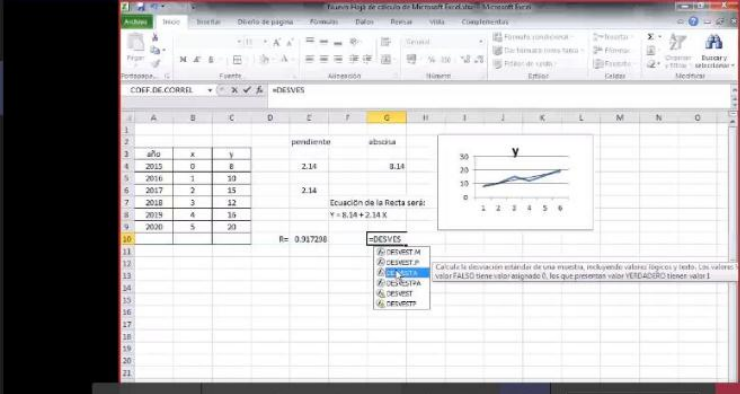
NÚMERO DE PERIODOS DE DEMANDA

25

Elegir Modelos



Datos	21,000
Desviación Estándar	143,811
Promedio	666,286
Coeficiente Correlación	0,096
Coeficiente de Variación	0,216



CONF. DE CORREL. -> DESVES

Year	x	y
2015	0	8
2016	1	10
2017	2	15
2018	3	22
2019	4	30
2020	5	30

pendiente: 2.14
abscisa: 8.14

Ecuación de la recta seri: $y = 8.14 + 2.14x$

$R^2 = 0.917206$

DESVES: 143,811

01:09:47

Luis Humberto Munique Sainza

Solicitar control

Contactos

Invite a alguien

Actualmente en est... (27) Silenciar a todos

- Nancy Ochoa Sotomayor Organizador
- Alexis Jose Toro Toro
- Anderson Jordy Ccorpa Perez
- Angelica Maria Julca Diaz
- Atenea Jazmin Diaz Martel
- Breschely Mailyn Ortiz Parra
- Carlos Alberto Huaman Garcia



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**ESCUELA DE POSGRADO
DOCTORADO EN EDUCACIÓN**

Declaratoria de Originalidad del Autor

Yo, OCHOA SOTOMAYOR NANCY ALEJANDRA estudiante de la ESCUELA DE POSGRADO del programa de DOCTORADO EN EDUCACIÓN de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ESTE, declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "PROGRAMA INVESOFT" EN EL ANÁLISIS DE INVESTIGACIÓN OPERATIVA EN ESTUDIANTES DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE UNA UNIVERSIDAD PÚBLICA, LIMA 2021", es de mi autoría, por lo tanto, declaro que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. He mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Nombres y Apellidos	Firma
OCHOA SOTOMAYOR NANCY ALEJANDRA DNI: 10042858 ORCID 0000-0001-6190-3404	Firmado digitalmente por: NOCHOA5 el 05-08-2021 03:55:37

Código documento Trilce: INV - 0302869